



**MONITORAGGIO DI RESIDUI DI PESTICIDI
IN ORTOFRUTTA IN PRE-RACCOLTA
(Serie storica 2007-2016)
Focus sull'Emilia-Romagna**

Sonia Blasioli, Enrico Buscaroli, Katia Di Prodi, Ilaria Braschi



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
DIPARTIMENTO DI
SCIENZE E TECNOLOGIE AGRO-ALIMENTARI



Edito dal Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-alimentari (*Alma Mater Studiorum*
Università di Bologna), novembre 2021

ISBN 9788854970670

DOI 10.6092/unibo/amsacta/6801



INDICE

PREFAZIONE di Alberto Angioni	p.	5
PRESENTAZIONE di Marco Trevisan	p.	7
GLI AUTORI	p.	9
1. INTRODUZIONE	p.	11
1.1. La produzione ortofrutticola in Italia e in Emilia-Romagna	p.	12
1.2. I pesticidi nel controllo della qualità dei prodotti ortofrutticoli	p.	12
1.3. La normativa che disciplina l'uso dei pesticidi in Italia e in Europa	p.	13
1.4. La rete di monitoraggio nazionale ed europea	p.	13
1.5. I Soggetti coinvolti nello studio	p.	14
2. L'IMPORTANZA DEI DATI RESIDUALI DI COLTURE IN CAMPO IN FASE DI PRERACCOLTA	p.	16
3. I DATI: ELABORAZIONE E INTERPRETAZIONE	p.	17
3.1. Campioni di ortofrutta: numerosità, distribuzione per tipo di coltura e area geografica	p.	17
3.2. Elaborazione e interpretazione delle analisi residuali	p.	20
4. I RISULTATI	p.	21
4.1. Concentrazioni medie annue dei residui in preraccolta	p.	21
4.2. Il numero di principi attivi nei campioni di ortofrutta	p.	27
4.3. Frequenza di ritrovamento dei pesticidi nei campioni di ortofrutta italiani	p.	29
4.4. Considerazioni di sicurezza alimentare	p.	33
5. IL POMODORO: UN CASO ITALIANO	p.	36
6. CONCLUSIONI	p.	41
POSTFAZIONE di Aurelio Sabino Bufo	p.	44
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	p.	45

PREFAZIONE

di Alberto Angioni – Presidente del GRIFA

(Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente – Università degli Studi di Cagliari)

La valutazione del rischio ambientale e alimentare hanno rappresentato un ruolo centrale nel raggiungimento degli obiettivi stabiliti dalla strategia della Commissione Europea nel programma Europa 2020 e costituiscono uno dei capisaldi dell'attuale strategia Horizon Europe.

La salvaguardia della salute dei bacini acquiferi (mare, acque dolci e falde acquifere) è strettamente correlato alla salubrità e mantenimento delle caratteristiche di biodiversità microbica e minerale dei suoli, come alla salubrità degli alimenti. Questo atteggiamento contribuisce al mantenimento di alti standard qualitativi dell'ambiente e delle derrate alimentari che si ripercuotono in maniera precisa e puntuale sulla salute umana.

Gli eventi positivi e negativi del passato ci hanno insegnato che ogni azione perpetrata dall'uomo ha una risposta diretta nei confronti dell'ambiente in tutte le sue forme.

Il mantenimento di condizioni di vita accettabili richiede uno sforzo da parte di tutti: nel campo agricolo tutti gli attori coinvolti, a partire dal terziario sino al consumatore finale, fanno la loro parte.

Quando si parla di colture il primo pensiero che viene spontaneo al consumatore è legato alla salubrità del prodotto legato all'uso di prodotti chimici chiamati pesticidi. Questo termine preso in prestito dall'inglese pesticides, presenta nella traduzione italiana una connotazione negativa, venendo trasformato non in uno strumento per ridurre i patogeni e curare le derrate alimentari, bensì un qualcosa di nocivo senza riserve per l'uomo e la biodiversità animale e vegetale. Personalmente preferisco il termine da normativa di prodotti fitosanitari, ritengo che rappresenti meglio il motivo per cui questi prodotti vengano utilizzati in tutto il mondo. Tuttavia, non può e non deve essere ignorata l'azione negativa sulla salute e sull'ambiente che questi prodotti possono causare quando non vengono adoperati con cautela e buone pratiche agricole o zootecniche.

Le indicazioni ribadite anche nell'ultimo documento comunitario sull'uso sostenibile dei pesticidi, la presenza di un ente europeo che si occupa di sicurezza alimentare con particolare attenzione ai tossici quali i plant protection products (PPPs) e la presenza a livello italiano di un comitato sulla sicurezza alimentare (CNSA), ci fanno capire quanto il problema non sia da sottovalutare. Per questo motivo la collaborazione fra enti pubblici, società scientifiche e privati rappresenta il cuore delle nuove strategie per raggiungere l'obiettivo della sicurezza ambientale e alimentare con un focus sulla salute, come indicato dalle strategie Europee in accordo con quelle della FAO e dell'OMS.

Il report Monitoraggio di residui di pesticidi in ortofrutta in preraccolta (Serie storica dal 2007 al 2016) Focus sull'Emilia-Romagna rappresenta un primo passo, un unicum in cui una società scientifica, il GRIFA, collabora con una società privata, Conserve Italia Società Cooperativa Agricola, che mette a disposizione anni di studi sull'utilizzo e la presenza dei prodotti fitosanitari sulle derrate alimentari in preraccolta per fare una valutazione statistica dell'andamento nazionale dell'utilizzo dei prodotti fitosanitari in un tempo molto ampio, che permetta di comprendere come l'agricoltura si sia adattata ai cambiamenti normativi, di costume e climatici.

In particolare, questo studio ci indica la strada che stiamo andando a percorrere e ci permette anche di capire se la strada è quella più virtuosa e quali aggiustamenti dobbiamo ancora effettuare. Un lavoro complesso e lungo che gli autori di questo documento hanno affrontato con tenacia e dedizione, non cedendo alle prime difficoltà di interpretazione dei dati ma cercando di trovare la chiave scientifica per una corretta e oggettiva interpretazione, senza subire le influenze di chi parteggia per l'uso e chi per l'abolizione senza riserve.

Il risultato ottenuto mette a disposizione del lettore un documento ricco di informazioni ma di facile lettura, utile sia per il professionista, il ricercatore e il consumatore.

PRESENTAZIONE

di Marco Trevisan - past-President del GRIFA

(Dipartimento di Scienze e Tecnologie Alimentari per una Filiera Agro-alimentare Sostenibile – Università Cattolica del Sacro Cuore di Piacenza)

La difesa delle derrate alimentari risale a oltre 2000 anni fa. L'uomo ha sempre dovuto proteggere gli alimenti da parassiti, quali funghi e insetti. Ancora oggi le perdite delle produzioni agricole sono molto consistenti e senza ausilio di mezzi di difesa possono superare anche il 50% del potenziale raccolto. Per questo motivo la difesa delle derrate ha assunto un ruolo strategico nella gestione degli alimenti e chiunque si occupi di questo settore, in particolare orto-frutta, deve necessariamente scontrarsi con questo problema. Problema che nasce in campo nella fase di pre-raccolta e poi si trasferisce nella fase di post-raccolta dove la gestione di derrate facilmente deperibili e attaccabili da parassiti, diventa il principale problema di chi commercia e distribuisce ortaggi e frutta. L'utilizzo di sostanze chimiche per la difesa, sia naturali, sia di sintesi, o di altri sistemi di difesa, come microorganismi o biostimolanti, ha come conseguenza, inevitabile, la presenza di residui.

Negli ultimi 30 anni un forte movimento d'opinione ha cercato di propagandare prodotti a residuo zero, che per definizione possono esistere solo se non si effettuasse alcun trattamento, con il concreto rischio di perdere la produzione o di avere prodotti di scarsa qualità perché infestati da funghi e dalle loro tossine, molto più tossiche di qualunque mezzo di difesa.

Nonostante le norme per l'utilizzo di prodotti fitosanitari, agrofarmaci, pesticidi, come spesso vengono chiamati, siano piuttosto stringenti e abbiano come obiettivo di autorizzare solo sostanze sicure per l'uomo e l'ambiente, le polemiche contro l'utilizzo di questi mezzi di difesa sono sempre all'ordine del giorno. EFSA ha definito oltre a standard di qualità ambientale anche valori di residui massimi ammessi (MRL) su ciascuna derrata, tali per cui l'abituale consumo per tutta la vita non comporti alcun rischio per il consumatore.

In realtà tutti i piani di controllo della qualità dei prodotti ortofrutticoli assai stringenti e numerosi dimostrano che solo meno del 5% dei campioni analizzati siano fuori legge e spesso lo siano per motivi legali e non sostanziali di rischio per il consumatore, tipo l'utilizzo di prodotti di difesa non autorizzati per un data coltura. Accanto a questi numerosi controlli, oltre 10000 campioni anno, analizzati in Italia, ci sono poi i controlli dei produttori e delle catene della grande distribuzione organizzata (GDO) che non sono mai pubblici.

Questo libro ha lo scopo di presentare invece proprio questi dati, in gergo chiamati "grigi", ma che assumono una notevole importanza perché dimostrano l'attenzione che il sistema di commercializzazione riserva alla sicurezza dei prodotti che finiranno sul banco di vendita, e soprattutto perché sono campioni prelevati in campo e quindi ci permettono anche, grazie all'elaborazione fatta dagli autori, di capire il grado di sicurezza alla raccolta.

Ritengo che con questa pubblicazione si riesca a colmare un vuoto informativo molto utile in un periodo di continue schermaglie contro l'uso di mezzi di difesa che, se ben usati, sono fondamentali per garantire qualità e sicurezza dei prodotti orto-frutticoli.

GLI AUTORI

Sonia Blasioli, Enrico Buscaroli e Ilaria Braschi afferiscono al Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari, *Alma Mater Studiorum* - Università di Bologna ⁽¹⁾.

Katia Di Prodi lavora presso Conserve Italia Soc. Coop. Agricola ⁽²⁾.

Tutti gli autori sono soci del Gruppo di Ricerca Italiano Fitofarmaci e Ambiente – GRIFA⁽³⁾.

⁽¹⁾ Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari, viale Giuseppe Fanin 44 – 40127 Bologna (BO) <https://distal.unibo.it/it>

⁽²⁾ Conserve Italia Società Cooperativa Agricola, via Paolo Poggi 11 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) <https://www.conserveitalia.it>

⁽³⁾ Gruppo di Ricerca Italiano Fitofarmaci e Ambiente – GRIFA, via Ospedale 72 - 09124 Cagliari (CA) <https://grifa.org/>

Sonia Blasioli svolge attività di supporto tecnico ai laboratori di ricerca ed è responsabile della sicurezza sul lavoro del Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari. Dopo aver conseguito la laurea in Chimica Industriale presso l'Università di Bologna e il dottorato di ricerca in Scienze Agrarie, Forestali e Agroalimentari presso l'Università di Torino, trascorre un periodo di 3 mesi presso il Dipartimento di Agronomia della Purdue University, West Lafayette, Indiana (USA) in veste di Postdoctoral Research Associate sul progetto *Clean up of water bodies polluted with sulfonamide antibiotics by adsorption into zeolites: study of host-guest interactions by spectroscopic techniques*. Recentemente ha conseguito il Master di 1° livello in Giornalismo e Comunicazione Istituzionale della Scienza presso l'Università di Ferrara. È autrice di numerose pubblicazioni su riviste internazionali.



Enrico Buscaroli ha conseguito la laurea magistrale in Progettazione e Gestione dei Sistemi Agro-territoriali, Forestali e del Paesaggio e il dottorato di ricerca in Scienze e Tecnologie Agrarie, Ambientali e Alimentari presso l'Università di Bologna. Ha trascorso un periodo di 6 mesi come Visiting Research Fellow presso l'École Nationale Supérieure de Chimie de Montpellier (ENSCM), Montpellier (Francia) in collaborazione con l'équipe MACS (Materiali Avanzati per la Catalisi e la Salute). Assegnista di ricerca nel settore della Chimica Agraria, collabora a diversi progetti regionali, nazionali e internazionali (PSR Lombardia – REFLUA, PSR Emilia-Romagna - Fit4Reuse, PON Taranto, H2020 FoodE) nel campo del rischio ambientale e della sicurezza alimentare. Inventore di un brevetto naturalizzato in USA, Cina ed Europa per la rimozione di idrocarburi (oli minerali) da packaging alimentare a base cellulosica per il quale riceve nel 2021 il premio *Think4food*. Autore di diverse pubblicazioni su riviste internazionali.



Katia Di Prodi è Responsabile del Laboratorio Centrale Analisi di Conserve Italia. Laureata in Chimica Industriale presso l'Università di Bologna, possiede una solida esperienza nel campo della chimica analitica. Supervisiona le attività di prova e taratura all'interno del laboratorio e istruisce le dichiarazioni di conformità sui risultati analitici in riferimento alle normative vigenti. È responsabile del Sistema di gestione per la Qualità secondo le prescrizioni della norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025. Promuove l'attività del laboratorio nell'ambito di Società scientifiche e presso convegni scientifici nel settore della sicurezza alimentare, sofisticazione e certificazione.



Ilaria Braschi è professoressa associata nel settore della Chimica Agraria presso l'Università di Bologna. Insegna *Chimica e biochimica della nutrizione delle piante* presso il Corso di laurea magistrale di Scienze e Tecnologie Agrarie e *Inquinanti nel sistema suolo-acqua-pianta* presso il corso di laurea magistrale di Progettazione e Gestione dei Sistemi Agroterritoriali, Forestali e del Paesaggio. Per diversi anni ha insegnato *Pollutant behaviour in abiotic matrices* presso il master internazionale Sustainable Management of Pollution presso l'Institut Supérieur d'Agriculture de Lille (Francia). La sua attività di ricerca si focalizza sul destino ambientale degli agrofarmaci e, più in generale, degli inquinanti organici e inorganici e sullo studio delle loro principali vie di dissipazione e degradazione nel suolo e nelle acque, nonché, della loro traslocazione alle piante. Gli interessi di ricerca sono anche rivolti alla definizione e sviluppo di tecniche ecosostenibili di detossificazione di comparti ambientali (suolo, acqua e pianta), nonché delle deiezioni animali (da antibiotici veterinari) e di matrici vegetali quali ad esempio la cellulosa per il packaging alimentare. La prof.ssa Braschi è autrice di numerose pubblicazioni su riviste internazionali e di testi universitari didattico-scientifici.



1. INTRODUZIONE

Lo studio è **stato condotto** dal Gruppo di Ricerca Italiano Fitofarmaci e Ambiente (GRIFA) su prodotti ortofrutticoli (soprattutto da trasformazione) in preraccolta, con lo scopo di effettuare la valutazione del rischio ambientale, alimentare e occupazionale in funzione dei risultati delle analisi residuali effettuate.

Le analisi dei residui prese in considerazione interessano i monitoraggi effettuati su campioni di frutta e verdura prelevati nei 3-5 giorni precedenti la raccolta, presso aziende agricole dislocate sull'intero territorio nazionale con una forte prevalenza in Emilia-Romagna (56,6%). La serie storica in esame riguarda le campagne ortofrutticole dal 2007 al 2016 compresi. I dati analitici a disposizione permettono di osservare l'evoluzione dei residui di pesticidi in un periodo ampio (10 anni) in grado di fornire informazioni estremamente utili nel campo della sicurezza alimentare.

L'aspetto innovativo di questo studio è rappresentato dall'imponente mole di dati analitici (> 2 milioni) presi in esame, frutto delle analisi per l'autocontrollo dei residui di fitofarmaci atto a verificare il livello di sicurezza alimentare effettuate dal Laboratorio Controllo Qualità degli Alimenti di Conserve Italia), gentilmente messe a disposizione per finalità di ricerca. Questo lavoro ricalca pienamente una delle missioni del GRIFA tesa ad accrescere, nella società, la consapevolezza che l'uso sostenibile dei fitofarmaci si traduce nel rispetto per l'ambiente e per la salute dell'uomo.

In questa sezione introduttiva è presente una breve descrizione dell'importanza delle produzioni di ortofrutta nel nostro paese e in Emilia-Romagna, delle motivazioni che vedono i prodotti di sintesi strategici nelle gestioni produttive integrate, delle normative che disciplinano l'uso dei pesticidi e della rete di monitoraggio ambientale e alimentare che ne consegue.

I dati analitici sono stati analizzati in termini di:

- (i) numerosità delle analisi effettuate
- (ii) distribuzione per tipo di coltura
- (iii) distribuzione per area geografica di provenienza del campione vegetale.

I dati analitici, elaborati per evidenziare possibili andamenti nel decennio 2007-2016, mettono in luce l'evoluzione delle concentrazioni medie annue dei residui nei campioni di ortofrutta in campo, così come l'andamento del numero di pesticidi rilevati e la loro frequenza di ritrovamento.

L'elaborazione dei dati relativi a campioni di ortofrutta provenienti dall'Emilia-Romagna, si presta a essere confrontata con i dati di vendita dei principi attivi, così come con la loro presenza nelle acque superficiali e profonde della regione.

Infine, i dati residuali su pomodoro, con una provenienza geografica che va a coprire l'intero territorio nazionale, mettono in luce interessanti differenze riguardo l'utilizzo dei pesticidi su questa coltura, che ancora oggi è considerata il simbolo del nostro paese nel mondo.

1.1. La produzione ortofrutticola in Italia e in Emilia-Romagna

L'ortofrutta rappresenta, tanto per l'Italia quanto per l'Emilia-Romagna, un comparto economico/produttivo strategico in grado di rispondere alla domanda interna e alle richieste per l'esportazione [1,2]. Si pensi che, nel solo 2019, circa l'80% di pere e il 36% di pomodoro prodotti su territorio nazionale provengono da aziende emiliano-romagnole. Approssimativamente, metà del valore del settore primario della regione è costituito dalle produzioni animali (circa 2 miliardi di euro nel 2019). Non di molto inferiore è il valore della produzione di ortofrutta (1,4 miliardi nel 2019) [3].

Nel decennio di riferimento di questo studio (2007-2016), la superficie coltivata a ortaggi si è ridotta dell'11% (approssimativamente da 450000 a 400000 ha); una tendenza simile hanno mostrato le colture arboree da frutto con una riduzione del 17% (approssimativamente da 290.000 ha del 2006 a 240.000 ha nel 2019), salvo tornare a 280.000 ha nell'ultima rilevazione ISTAT del 2020. Nel decennio 2007-2016, la produzione di frutta dell'Emilia-Romagna si è assestata tra 5 e 6 milioni di tonnellate [4]. Non altrettanto costante è risultata la produzione di ortaggi, che oscillava tra 15 e 12,5 milioni di tonnellate.

In Emilia-Romagna, nel periodo che va dal 2007 al 2016, l'agricoltura registra un introito medio di circa 4,2 miliardi di euro all'anno, il 10% della media nazionale per lo stesso periodo. Le sole province di Piacenza e Ferrara producono più del 50% degli ortaggi della regione, in particolare pomodoro da industria. Ravenna è la provincia in cui è maggiore la produzione di frutta (31% della produzione media emiliano-romagnola, soprattutto pesca, pesca-noce, pera, kiwi e susina), seguita da Ferrara (circa il 24%, di cui in gran parte pera), Modena (15%, pera, seguita da mela e ciliegia), Bologna e Forlì-Cesena (entrambe 13% della produzione media regionale).

1.2. I pesticidi nel controllo della qualità dei prodotti ortofrutticoli

I pesticidi (dall'inglese *pesticides*) o prodotti per la protezione delle piante (*plant protection products* - PPPs), definiti nella normativa ufficiale (DECRETO LEGISLATIVO 17 marzo 1995, n. 194) con la dizione di prodotti fitosanitari, anche comunemente noti come fitofarmaci o agrofarmaci, sono strumenti strategici per ottimizzare le produzioni e per la lotta alle patologie vegetali più comuni. Essi svolgono la propria funzione specifica (ad esempio come erbicidi, insetticidi, fungicidi, fitoregolatori, ecc.) grazie all'effetto di uno o più principi attivi, ovvero molecole organiche o specie inorganiche (ad esempio il rame), che interferiscono con specifici processi fisici, chimici o biochimici sulle funzioni dell'organismo target.

L'abuso o l'utilizzo non corretto dei pesticidi, non solo impatta negativamente sulla qualità delle produzioni vegetali, ma può danneggiare la qualità dei suoli, delle acque e la salute di tutti gli organismi che in questi ecosistemi vivono, non ultimo l'uomo. In sintesi, l'impatto dei principi attivi contenuti nei prodotti fitosanitari, in particolare le sostanze xenobiotiche (ovvero estranee agli organismi che vivono in un determinato comparto ambientale), si estende all'intero ecosistema. Di fatto l'esposizione ai pesticidi è considerata un fattore di rischio tanto per l'uomo quanto per l'ambiente.

1.3. La normativa che disciplina l'uso dei pesticidi in Italia e in Europa

La produzione, la vendita e l'utilizzo dei pesticidi, così come la presenza di residui negli alimenti, sono regolamentati da leggi europee e nazionali.

Il Regolamento (CE) 1107/2009 [5] stabilisce le norme per la concessione dell'autorizzazione alla vendita e all'uso dei prodotti fitosanitari. Esso include anche una valutazione del rischio nei confronti dell'uomo, degli animali e dell'ambiente.

La Direttiva 2009/128/CE [6] regola l'uso sostenibile dei pesticidi durante il loro impiego mediante l'attuazione di misure preventive quali le pratiche agricole compatibili con l'ambiente (agricoltura biologica), la riduzione delle dosi dei pesticidi, la formazione degli operatori, la corretta manipolazione, lo stoccaggio e il trattamento degli imballaggi e delle rimanenze.

I limiti massimi dei residui (LMR) consentiti nei prodotti di origine vegetale e animale destinati al consumo umano sono normati dal Regolamento (CE) 396/2005 [7]. La Direttiva 98/83/EC [8] (modificata dalla Direttiva (UE) 2015/1787 [9]) tutela la qualità delle acque destinate al consumo alimentare umano: per i pesticidi, i limiti massimi consentiti nelle acque per singola sostanza e per pesticidi in miscela sono rispettivamente pari a 0,1 e 0,5 $\mu\text{g L}^{-1}$.

La Direttiva 2008/105/CE [10] definisce, infine, gli standard di qualità ambientale (SQA) per le acque superficiali che includono, tra i vari parametri, i valori soglia per i pesticidi, mentre la Direttiva 2006/118/CE [11] prende in considerazione le acque sotterranee.

In generale la normativa, riconoscendo il valore dell'impiego razionale e sostenibile dei prodotti fitosanitari, tenta di limitare le esternalità negative che un utilizzo non razionale e non regolamentato può causare, così come è stato in passato con l'utilizzo di alcuni pesticidi persistenti (inseriti, assieme ad altri composti persistenti, nell'elenco dei *POPs: Persistent Organic Pollutants*) e tossici per gli organismi viventi. L'attiva rete di monitoraggio e controllo messa in atto a livello nazionale ed europeo ha lo scopo di garantire un alto livello di protezione degli operatori e dei consumatori così come un ridotto rischio ambientale.

1.4. La rete di monitoraggio nazionale ed europea

La verifica del rispetto degli LMR nei prodotti di origine vegetale e animale destinati al consumo umano (Regolamento 396/2005/CE), così come la sorveglianza che necessariamente ne deriva, sono organizzate su più livelli. Sono previsti, infatti, programmi di controllo dei residui di pesticidi negli alimenti su scala europea e nazionale, ai quali si aggiungono i controlli di frontiera sulle merci in entrata o uscita e infine gli autocontrolli aziendali.

I controlli dei residui negli alimenti in Europa e in Italia sono periodicamente definiti da regolamenti esecutivi (al momento della stesura di questo manoscritto è in vigore il regolamento di esecuzione UE 2019/533 [12]) che, in base a criteri di significatività statistica, definiscono quanti e quali prodotti al consumo debbano essere campionati in ogni paese e quali siano i residui da ricercare. I risultati di questi controlli sono elaborati periodicamente dalla *European Food Safety Authority* (EFSA) e resi pubblici tramite la pubblicazione di relazioni annuali che sono di supporto agli organi di *decision-making*. In Italia, l'organismo che coordina e definisce i piani di monitoraggio è il Ministero della Salute.

A livello territoriale, le attività dei controlli sono pianificate dagli Assessorati alla sanità delle regioni e i controlli sono eseguiti dagli ispettori delle Aziende Sanitarie locali in collaborazione con gli Istituti Zooprofilattici Sperimentali regionali.

L'attuazione degli autocontrolli aziendali richiesti dall'Unione Europea è in parte sovrapponibile alla messa in atto delle *Good Manufacturing Practices (GMP)* e *Good Agricultural Practices (GAP)* previste dai sistemi di certificazione internazionalmente riconosciuti. Gli autocontrolli effettuati dalle aziende agricole, singolarmente o in forma consorziata, rappresentano la forma più dettagliata, puntuale e rapida di monitoraggio pianificato ad oggi disponibile.

Da un punto di vista ambientale, la qualità delle acque italiane superficiali e profonde viene monitorata e resa pubblica, tramite la pubblicazione di dossier a cadenza biennale, dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale ([ISPRA](#)) sulla base delle informazioni fornite dalle Agenzie Regionali e Provinciali per la Protezione dell'Ambiente (ARPA) che effettuano le indagini sul territorio e le analisi di laboratorio.

1.5. I Soggetti coinvolti nello studio

Gruppo di Ricerca Italiano Fitofarmaci e Ambiente

Il Gruppo di Ricerca Italiano Fitofarmaci e Ambiente (GRIFA) è un'associazione a carattere scientifico e non lucrativa di utilità sociale [13] costituitasi nel 1982. Grazie alle molteplici competenze dei Soci, agronomi, microbiologi, chimici e ingegneri, afferenti a diverse Università italiane, Centri di ricerca, Centri di saggio, nonché Aziende chimiche e agricole, il GRIFA promuove la ricerca scientifica sui prodotti fitosanitari, studia la valutazione del rischio e l'impatto ambientale, anche mediante il dialogo con le pubbliche amministrazioni e le aziende per lo sviluppo del settore in tutta Italia.

Il GRIFA si occupa prevalentemente del destino ambientale dei fitofarmaci, del loro effetto su diversi comparti ambientali quali suolo, microorganismi, acqua, pianta, e atmosfera, dei meccanismi e delle cinetiche di dissipazione e di degradazione nei vari ecosistemi, nonché di tecniche ecosostenibili e a basso impatto ambientale per limitarne la diffusione.

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari (Università di Bologna)

Il Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari (DISTAL) dell'*Alma Mater Studiorum* - Università di Bologna si compone di più di 550 unità di personale tra docenti, ricercatori, collaboratori alla ricerca e tecnici amministrativi e di laboratorio. Il DISTAL, premiato dal MIUR come Dipartimento di Eccellenza 2018-2022, nel 2021 risulta il primo Dipartimento dell'Ateneo di Bologna per acquisizione di finanziamenti nell'ambito della ricerca competitiva e commissionata. Le principali tematiche di ricerca e didattica del DISTAL sono focalizzate sull'agricoltura sostenibile, sull'agricoltura di precisione e sul nesso acqua-cibo-energia nell'ottica di una gestione durevole e integrata delle risorse naturali secondo i principi dell'economia circolare.

L'unità di ricerca di Bologna (oggi afferente al DISTAL) è tra le prime unità che hanno operato nel GRIFA fin dalla sua costituzione.

Società Cooperativa Agricola Conserve Italia

Conserve Italia è uno dei maggiori gruppi agroalimentari in Europa per fatturato (848 milioni di fatturato del gruppo consolidato al 30 giugno 2018), personale (1335 fissi e circa altrettanti stagionali nel 2018) e volume dei prodotti trasformati (circa 600.000 tonnellate all'anno) [14].

È una cooperativa di secondo livello, di cui fanno parte 47 cooperative semplici e 3 soci. Essa annovera complessivamente circa 14.000 produttori agricoli per un totale di circa 20.000 ettari dedicati. Le 47 cooperative di produttori sono distribuite in 9 regioni italiane, di cui più della metà (27) hanno sede in Emilia-Romagna. Il gruppo gestisce direttamente 8 stabilimenti in Italia, di cui 6 in Emilia-Romagna, 1 in Toscana e 1 in Puglia e possiede diversi brand, distributori e agenzie commerciali controllate e alcuni stabilimenti all'estero.

Poco più del 40% del fatturato del gruppo proviene dal canale retail, grazie a *consumers brand* come Yoga, Valfrutta, Cirio e Jolly Colombani. La restante parte di fatturato proviene dalla produzione per la grande distribuzione organizzata (GDO) e dall'esportazione o vendita diretta a grossisti internazionali.

La Cooperativa esegue in autocontrollo le analisi dei pesticidi sulle produzioni delle aziende consorziate. Tra i laboratori di autocontrollo delle aziende alimentari, il Laboratorio Centrale di Analisi Chimiche di Conserve Italia è registrato con Nr. 008/BO/007 ed è certificato da Accredia con Nr. 0369 e dall'ente tedesco QS. A titolo di esempio, nel 2017 circa il 55% delle oltre 12.000 analisi effettuate dal laboratorio hanno riguardato la determinazione di residui di fitofarmaci.

Avendo necessità di controllare il prodotto fresco sia a pochi giorni dalla raccolta (fase di preraccolta) sia in concomitanza della lavorazione (fase di post-raccolta), la maggior parte delle analisi viene effettuata durante i mesi produttivi (tipicamente da maggio a ottobre). Le materie prime in fase di preraccolta (3-5 giorni prima della raccolta) vengono campionate direttamente in campo e vengono monitorate per tipologia di fitofarmaci usati in fase di crescita e maturazione e per livello di residui, consentendo una prima selezione e una maggiore sicurezza sulle fasi successive al raccolto. I dati analitici ottenuti dall'autocontrollo sono stati ceduti in forma anonima al GRIFA a fini di ricerca e utilizzati in questo lavoro di analisi statistica.

Conserve Italia è una tra le prime unità che ha operato nel GRIFA fin dalla sua costituzione.

2. L'IMPORTANZA DEI DATI RESIDUALI DI COLTURE IN CAMPO IN FASE DI PRERACCOLTA

La valutazione e l'interpretazione di dati analitici relativi ai residui di pesticidi in colture in campo in fase di preraccolta risultano di particolare interesse per esperti e società scientifiche che, come il GRIFA, si occupano di aspetti ambientali per le seguenti ragioni:

(i) i dati analitici forniti dal Laboratorio Centrale di Analisi Chimiche di Conserve Italia, certificato per l'analisi di pesticidi, hanno pari affidabilità a quella dei dati analitici prodotti dai laboratori di riferimento degli Enti ufficiali di controllo;

(ii) lo studio è rappresentativo di un determinato periodo storico e della produzione agricola italiana, in quanto si basa su più di 2,2 milioni di dati analitici ottenuti da un numero cospicuo (n = 5.638) di campioni di ortofrutta di largo consumo;

(iii) lo studio si estende per un arco temporale di dieci anni: un periodo sufficientemente lungo per rilevare eventuali variazioni di tendenza nell'uso dei pesticidi;

(iv) il contenuto dei residui in campioni vegetali in preraccolta, ponendosi temporalmente tra la distribuzione in campo dei pesticidi e il residuo nei campioni alla vendita, fornisce informazioni aggiuntive che possono essere di utilità alla valutazione del rischio ambientale e occupazionale;

(iii) la messa a disposizione da parte di un'azienda privata di dati analitici di pesticidi su colture in campo in fase di preraccolta costituisce un fatto eccezionale e senza precedenti e rappresenta un importante aiuto per le finalità della ricerca pubblica, con possibili ricadute sociali.

3. I DATI: ELABORAZIONE E INTERPRETAZIONE

I campioni di ortofrutta provengono da aziende agricole italiane che, nel periodo 2007-2016, operano in regime di difesa “convenzionale” (14.0%), “integrata” (70.1%) e a “residuo zero” (15.9%) cioè con residui di pesticidi non misurabili perché al di sotto del limite di determinazione strumentale.

I campioni sono stati prelevati in campo in preraccolta che anticipa da 3 a 5 giorni (a seconda del tipo di coltura) la raccolta effettiva e sono stati immediatamente trasportati per essere analizzati presso il Laboratorio Centrale di Analisi Chimiche di Conserve Italia tramite metodiche analitiche ufficiali di controllo per il contenuto di pesticidi in matrici alimentari.

Per determinare quantitativamente i principi attivi utilizzati sulle colture orticole oggetto delle analisi, i campioni sono stati raccolti, e analizzati, come pianta (parte epigea) o parti di pianta, questa tipologia di campionamento permette di ovviare ad eventuali diluizioni dei principi attivi nella parte edibile che ne pregiudicherebbero la determinazione e di avere un quadro più esaustivo delle sostanze utilizzate.

In ogni campione sono stati ricercati, mediamente nei dieci anni di osservazione, 400 principi attivi tramite analisi multiresiduo o, quando necessario, tramite analisi monoresiduo. Le metodiche analitiche impiegate nei controlli ufficiali prevedevano l'utilizzo di sistemi cromatografici in fase liquida o gassosa abbinati a rivelatori di massa esatta o a triplo quadrupolo (LC-MS/MS; GC-MS/MS). Il rame non è incluso nell'analisi multiresiduo, in quanto la sua presenza nel suolo e la sua essenzialità per le piante, non consentono di imputare la sua concentrazione nei campioni di ortofrutta al solo trattamento.

3.1. Campioni di ortofrutta: numerosità, distribuzione per tipo di coltura e area geografica

Le analisi, condotte su **5.638** campioni totali di ortofrutta dal 2007 al 2016, hanno generato più di 2,2 milioni di dati analitici certificati. La distribuzione percentuale dei campioni per tipo di coltura è riportata in **Figura 1**.

Il campione di ortaggi analizzato è costituito da 6 diverse tipologie colturali di largo consumo destinate alla trasformazione:

- agiolino (parte epigea)
- cece (parte epigea)
- borlotto (parte epigea)
- pisello (baccello)
- mais (brattea)
- pomodoro (bacca)

Il campione di frutta è costituito da 4 diverse tipologie colturali, anch'esse di largo consumo e destinate alla trasformazione:

- mela
- pesca
- pera
- susina

Il pomodoro risulta l'orticola più monitorata (36,0%), seguito da fagiolo borlotto (13,6%) e pisello (12,6%). Tra i campioni di frutta, pera e pesca sono le più analizzate con peso percentuale sul totale dell'ortofrutta rispettivamente del 13,1 e 7,1%.

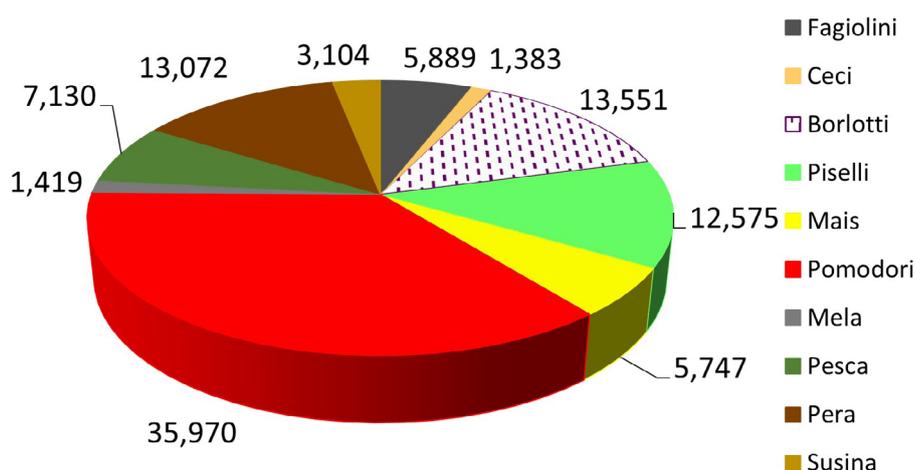


Figura 1 - Distribuzione percentuale dei campioni di ortofrutta per tipo di coltura (Periodo: 2007-2016).

In **Figura 2** è rappresentata la distribuzione dei campioni di ortofrutta per area geografica di provenienza: il 75% dei campioni analizzati proviene dal nord Italia, seguiti da sud (17%) e centro Italia (8%).

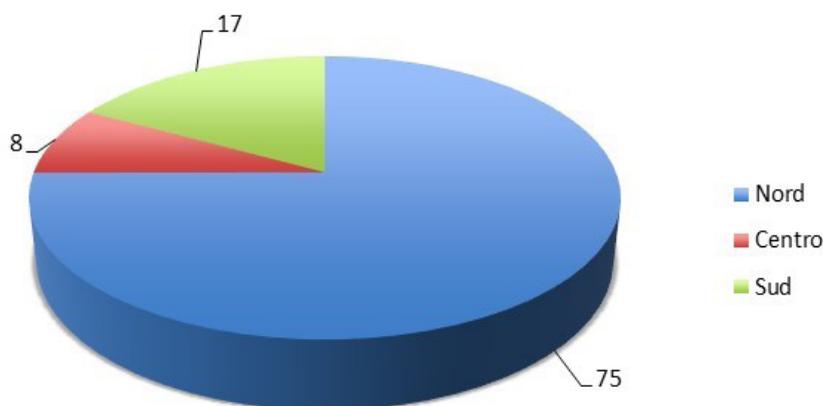


Figura 2 - Distribuzione percentuale dei campioni di ortofrutta per area geografica (Periodo: 2007-2016).

In **Figura 3 - Sinistra** è possibile osservare che la percentuale di campioni di ortofrutta provenienti dall'Emilia-Romagna (ER) rappresenta più della metà (56,6%) della totalità dei campioni analizzati nei dieci anni di osservazione. Dei campioni provenienti dall'Emilia-Romagna, il 57,9% è costituito da ortaggi e il rimanente 42,1% da frutta (**Figura 3 - Destra**).

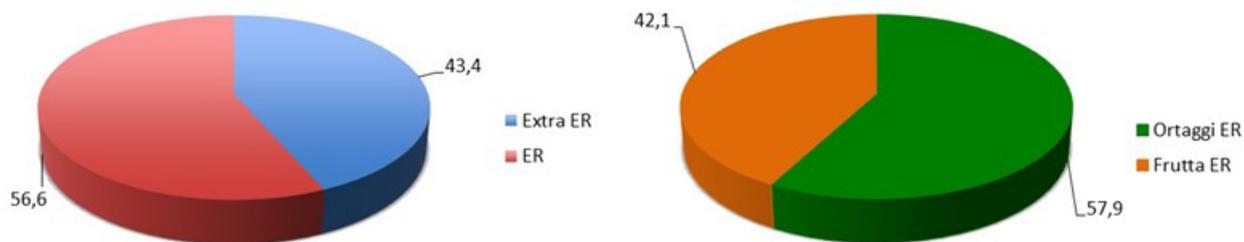


Figura 3 – Sinistra: Percentuale dei campioni di ortofrutta provenienti dall'Emilia-Romagna (ER) e dal resto dell'Italia (extra ER); **Destra:** Percentuale di ortaggi e frutta dei campioni provenienti dall'Emilia-Romagna (Periodo: 2007-2016).

La composizione dei campioni di ortofrutta non è dunque omogenea per provenienza geografica e mostra una forte componente di provenienza dal nord Italia (75%), in particolare dall'Emilia-Romagna (56,6%).

I campioni di frutta provenienti dall'Emilia-Romagna (95,8% del totale nazionale, **Figura 4 - Sinistra**) sono **1.403**. Essi comprendono prevalentemente pere (52,8%), seguite da pesche (28,6%), susine (13%) e mele (5,6%) (**Figura 4 - Destra**).

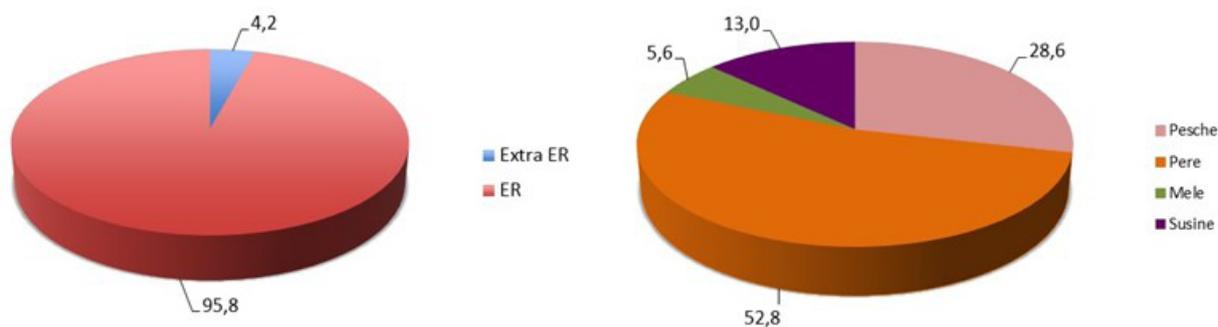


Figura 4 – Sinistra: Percentuale dei campioni di frutta provenienti dall'Emilia-Romagna (ER) rispetto al campione nazionale; **Destra:** Distribuzione percentuale per tipo di coltura dei campioni di frutta provenienti dall'Emilia-Romagna (Periodo: 2007-2016).

I campioni di orticole provenienti dall'Emilia-Romagna (43,6% del totale nazionale, **Figura 5 - Sinistra**) sono **1.846** e comprendono bacca di pomodoro (33,2%), pisello in baccello (23,9%), pianta di borlotto (17,3%), brattea di mais (15,1%) e pianta di fagiolino (10,5%) (**Figura 5 - Destra**).

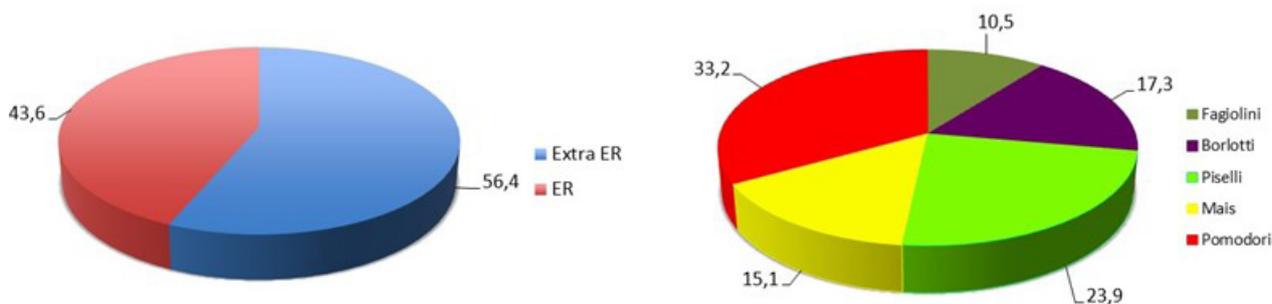


Figura 5 – Sinistra: Percentuale dei campioni di ortaggi provenienti dall’Emilia-Romagna (ER) rispetto al campione nazionale; **Destra:** Distribuzione percentuale per tipo di coltura dei campioni di ortaggi provenienti dall’Emilia-Romagna (Periodo: 2007-2016).

3.2. Elaborazione e interpretazione delle analisi residuali

I dati residuali nei campioni di ortofrutta sono stati elaborati seguendo i criteri adottati da ISPRA per l’analisi residuale nelle acque superficiali e profonde così come dal Ministero della Salute per la valutazione dei residui negli alimenti [32-41].

Le sostanze (principi attivi) sono state suddivise per classe di appartenenza (insetticidi, fungicidi ed erbicidi) e, per ciascuna classe, è stata calcolata la concentrazione media per ogni anno della serie temporale. Per ogni campione analizzato è stato espresso il numero di principi attivi trovati per anno. Infine, è stata riportata la frequenza decennale di ritrovamento dei principi attivi nei campioni di ortofrutta.

4. I RISULTATI

Vista la forte provenienza dei campioni di ortofrutta dalla regione Emilia-Romagna (n° campioni = **3.249**) rispetto all'intero territorio nazionale (n° campioni = **5.638**), i risultati ottenuti per i campioni provenienti dall'Emilia-Romagna sono stati elaborati come dati regionali e confrontati con i risultati dell'elaborazione effettuata sull'intero campione di provenienza nazionale. Va pertanto ricordato che la rappresentatività dei dati regionali è maggiore rispetto a quella dei dati nazionali.

4.1. Concentrazioni medie annue dei residui in preraccolta

In **Figura 6** sono riportate le concentrazioni medie annue dei residui di agrofarmaci come somma di insetticidi, fungicidi ed erbicidi nei campioni di ortofrutta provenienti dall'intero territorio nazionale (**riquadro alto**) e dall'Emilia Romagna (**riquadro basso**).

Le concentrazioni sono state ottenute sommando quelle di tutti i residui di agrofarmaci trovati nei campioni e dividendole per il numero totale di campioni per anno. La concentrazione media dei residui mostra una netta contrazione fino all'anno 2010, per poi avere un andamento altalenante con valori massimi di poco superiori a $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$.

La concentrazione media annuale dei residui è un dato complesso da interpretare e i fattori ecofisiologici che contribuiscono alla sua variazione sono molteplici ed estremamente variabili. Dati così estesi su scala temporale e spaziale sono perlopiù utilizzati dagli enti deputati per verificare l'efficacia delle politiche adottate ed è soprattutto in quest'ottica che possono essere interpretati gli andamenti riportati in **Figura 6**.

La riduzione della concentrazione dei residui osservata nei campioni coincide temporalmente con l'attuazione di importanti politiche europee e nazionali per la salvaguardia delle acque profonde e di superficie, degli insetti impollinatori e dell'ambiente in generale, politiche che hanno imposto severe restrizioni all'utilizzo di queste sostanze (Regolamento (CE) n. 1107/2009, Direttiva 2009/128/CE, Regolamento 396/2005/CE, Direttiva 98/83/EC modificata dalla Direttiva (UE) 2015/1787, Direttiva 2008/105/CE, Direttiva 2006/118/CE).

È interessante sottolineare che nei campioni prelevati dal campo 3-5 giorni prima della raccolta effettiva, il quantitativo medio annuale di pesticidi che residua nei campioni di ortofrutta negli anni di osservazione è largamente inferiore al limite massimo dei residui consentito per miscele di pesticidi negli alimenti ($\text{LMR} = 0,5 \text{ mg kg}^{-1}$).

L'andamento delle concentrazioni medie annue di insetticidi, fungicidi ed erbicidi ritrovati nei campioni di ortofrutta nel decennio 2007–2016 provenienti dall'intero territorio nazionale e dall'Emilia-Romagna sono riportati rispettivamente in **Figura 7 - riquadro alto** e **riquadro basso**. Le medie sono state ottenute sommando i residui per ciascuna classe di agrofarmaci e dividendo per il numero totale di campioni per anno.

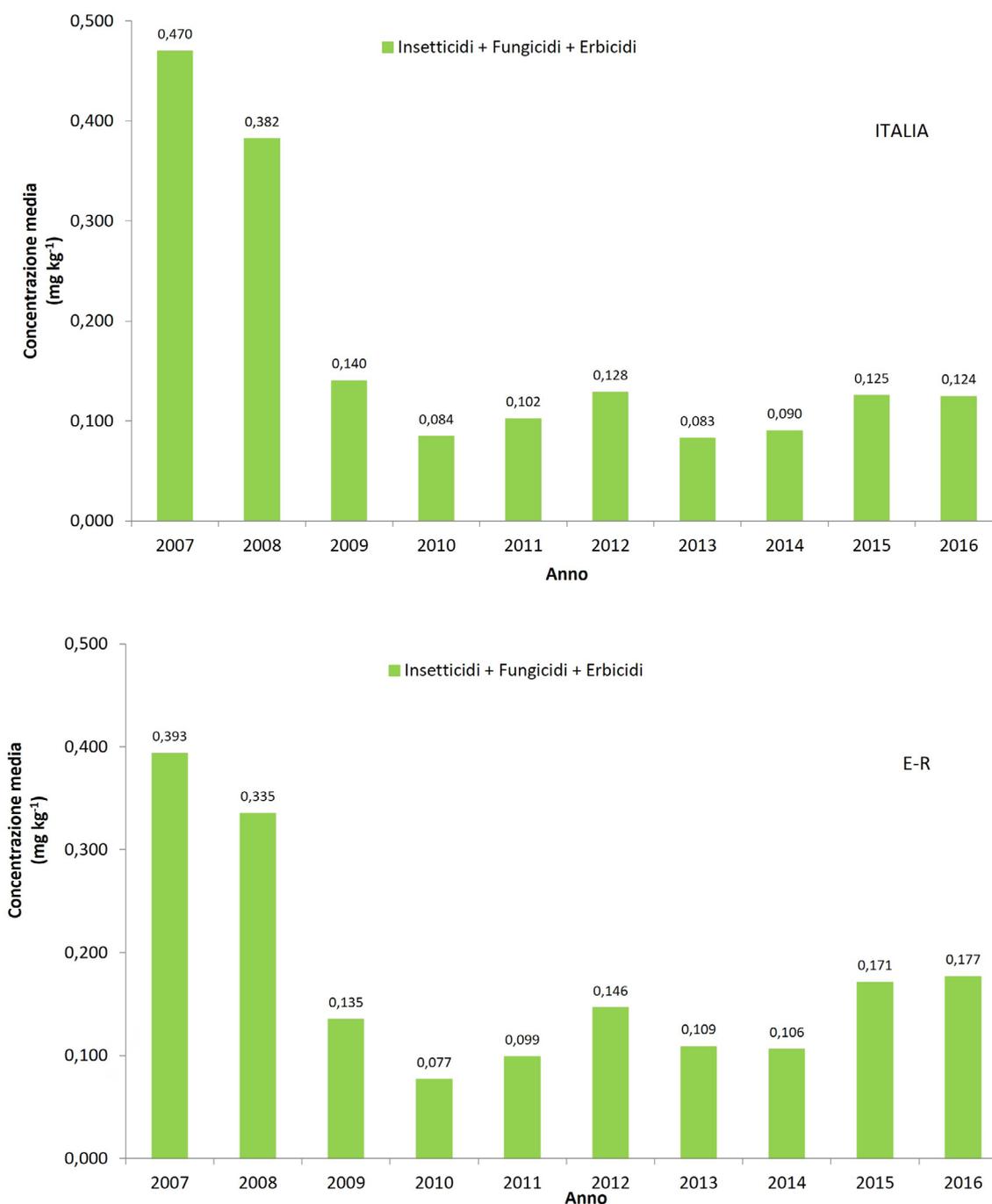


Figura 6 - Concentrazioni medie annue di principi attivi (insetticidi + fungicidi + erbicidi) nei campioni di ortofrutta provenienti dall'Italia (**Riquadro alto**) e dall'Emilia Romagna (**Riquadro basso**), prelevati in campo in fase di preraccolta.

Per quanto riguarda gli erbicidi (**Figura 7**), i valori di concentrazione media annua nei campioni di ortofrutta di diversa provenienza sono contenuti ($\leq 0,25 \text{ mg kg}^{-1}$) rispetto a fungicidi e insetticidi per tutti i dieci anni della serie storica. Tale osservazione non sorprende in quanto gli erbicidi vengono generalmente utilizzati nelle produzioni orticole in presemina e dunque ampiamente prima del raccolto. L'ampio scarto temporale tra il trattamento erbicida e la raccolta del prodotto fa sì che la concentrazione che residua nella coltura sia in genere molto modesta. Nelle produzioni frutticole, gli erbicidi sono solitamente applicati tra i filari dove il contenimento delle malerbe aumenta la quota di nutrienti disponibili per la coltura e facilita l'attività dei mezzi agricoli e degli operatori nelle lavorazioni in campo. Questa pratica fa sì che gli erbicidi residuino nella frutta prevalentemente per effetto deriva in fase di applicazione.

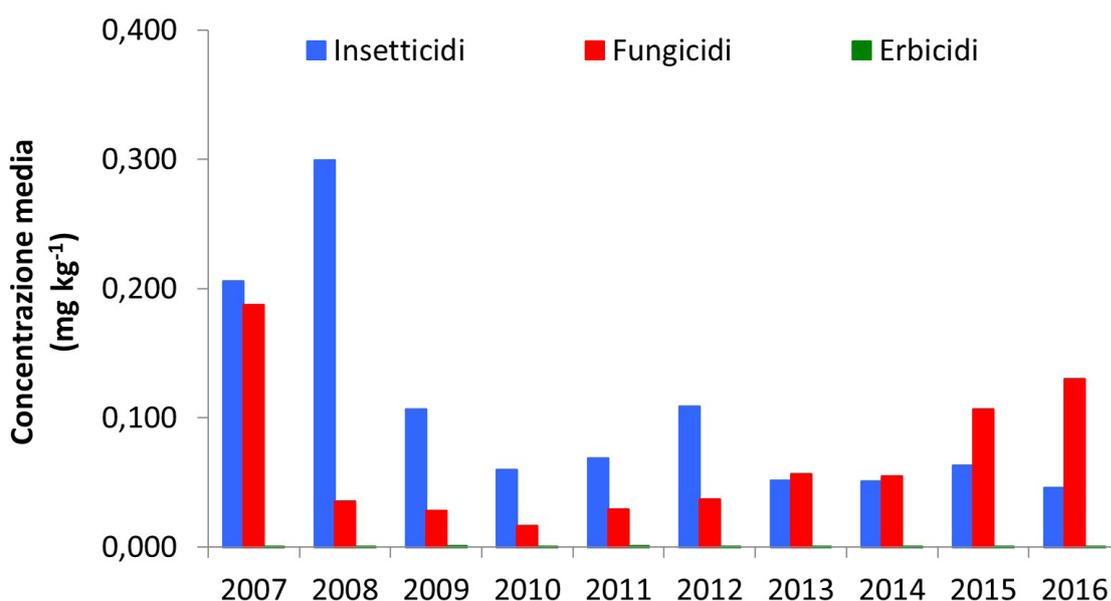
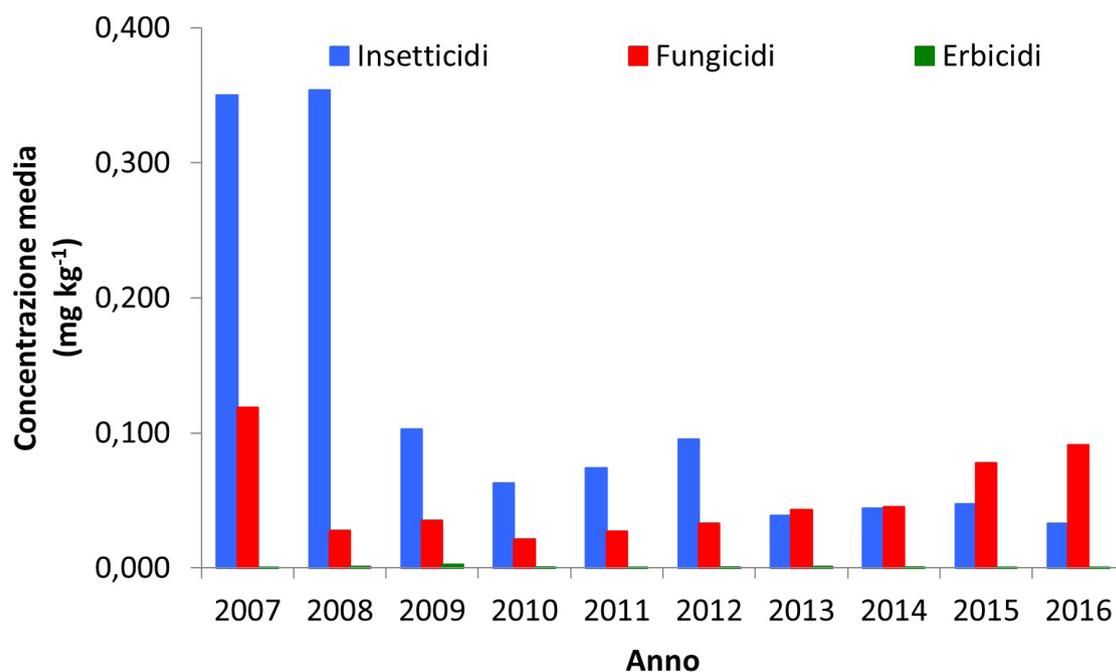


Figura 7 - Concentrazioni medie annue di insetticidi, fungicidi ed erbicidi nei campioni di ortofrutta provenienti dall'Italia (**Riquadro alto**) e dall'Emilia Romagna (**Riquadro basso**), prelevati in campo in fase di preraccolta.

Relativamente agli insetticidi (**Figura 7**), nel periodo 2009-2016 si osserva una netta diminuzione della concentrazione media annua nei campioni sia a livello nazionale che a livello regionale rispetto al dato dei primi due anni (2007-2008) della serie storica. La riduzione della concentrazione degli insetticidi osservata nei campioni dal 2009 coincide, come già evidenziato, con l'attuazione di importanti politiche che hanno imposto severe restrizioni all'utilizzo degli insetticidi a tutela degli insetti impollinatori (Regolamento (CE) n. 1107/2009, Direttiva 2009/128/CE, Regolamento 396/2005/CE, Direttiva 98/83/EC modificata dalla Direttiva (UE) 2015/1787, Direttiva 2008/105/CE, Direttiva 2006/118/CE).

Riguardo alle concentrazioni medie annue dei fungicidi (**Figura 7**), sia nei campioni di origine nazionale che in quelli provenienti dalla sola Emilia-Romagna, si osserva una diminuzione fino all'anno 2010, dopo di che si assiste a un aumento pressoché costante fino al 2016. Tale incremento risulta sensibilmente più elevato nei campioni regionali rispetto a quanto osservato in quelli provenienti dall'intero territorio nazionale.

Nel caso dei fungicidi e per le colture in studio, l'effetto delle politiche di controllo non sembra aver avuto lo stesso esito positivo osservato per gli insetticidi. Una spiegazione a tale osservazione può essere dovuta allo sviluppo di patologie fungine di tipo resistente nelle colture considerate in questo studio [15-18].

L'analisi dei dati messi a disposizione dall'ISTAT per il periodo 2007-2016 [19] evidenzia per l'Emilia-Romagna un generale aumento di produttività come risulta dal moderato aumento della produzione di ortofrutta (ca. +0,7% medio annuo) e contemporanea contrazione delle superfici coltivate (-2,2% medio annuo). L'intensificazione delle produzioni può impattare sulle condizioni di salute dei terreni agrari sottoposti a monocoltura determinando un impoverimento dei nutrienti, del contenuto di humus e della biodiversità delle comunità microbiche. Il peggioramento generale delle condizioni di salute dei terreni e gli importanti cambiamenti climatici, che portano le colture ad anticipare il ciclo produttivo, possono aumentare la predisposizione alle patologie fungine, che a loro volta impongono trattamenti ad azione fungicida.

In generale, le quantità di fungicidi e insetticidi che residuano nelle colture dipendono *in primis* dal loro input nell'ambiente, ovvero da quantità e frequenza dei trattamenti che, a loro volta, dipendono dalle patologie osservate, talvolta previste, sulle colture.

La patologia vegetale costituisce per sé stessa un settore alquanto complesso. Lo studio, la prevenzione e la cura delle patologie rendono gli interventi fitoiatrici fondamentali per la resa produttiva e le economie che da essa dipendono. La diffusione delle patologie è altamente eterogenea su scala geografica, spesso anche all'interno della singola azienda agricola. Gli attacchi alle colture da parte di insetti dannosi e lo sviluppo di funghi patogeni possono dipendere su larga scala dalle condizioni di umidità e temperatura. Per tale motivo, le quantità di insetticidi e fungicidi che residuano sui campioni di ortofrutta provenienti dall'Emilia-Romagna, sono stati correlati con le condizioni meteorologiche (a disposizione solo per gli anni 2007-2015).

Tale approccio, anche se in apparente contraddizione con la diffusione a macchia di leopardo, e talvolta imprevedibile, delle patologie vegetali, è consentito dalla numerosità dei campioni analizzati (n° campioni = **3.249**) e dei dati residuali di fungicidi e insetticidi prodotti (ca. 900.000).

Le concentrazioni medie annue di insetticidi e fungicidi nei campioni provenienti dall'Emilia-Romagna nel periodo 2007-2016, unitamente ai dati delle precipitazioni medie e della media annuale delle temperature massime e minime per lo stesso arco temporale, sono riportati in **Figura 8**.

Le concentrazioni annuali medie di insetticidi non sembrano seguire la tendenza delle temperature medie annuali (**Figura 8 - Riquadro in alto a destra**), nonostante lo sviluppo di insetti e il compimento del loro ciclo vitale ne sia fortemente influenzato. Per quanto riguarda le concentrazioni annuali medie dei fungicidi, anche in questo caso, non si evidenzia alcuna correlazione con le precipitazioni annue per i dieci anni in studio (**Riquadro in basso a sinistra**), pur essendo nota la stretta dipendenza di questi patogeni dalle condizioni di umidità.

L'assenza di una relazione tra i quantitativi di insetticidi e fungicidi ritrovati nei campioni di ortofrutta e i dati meteorologici può essere imputata solo in parte a un utilizzo non corretto o a un abuso di tali sostanze, come molte associazioni, spesso in modo sommario e ingiustificatamente allarmistico, tendono a riportare all'attenzione del consumatore [20].

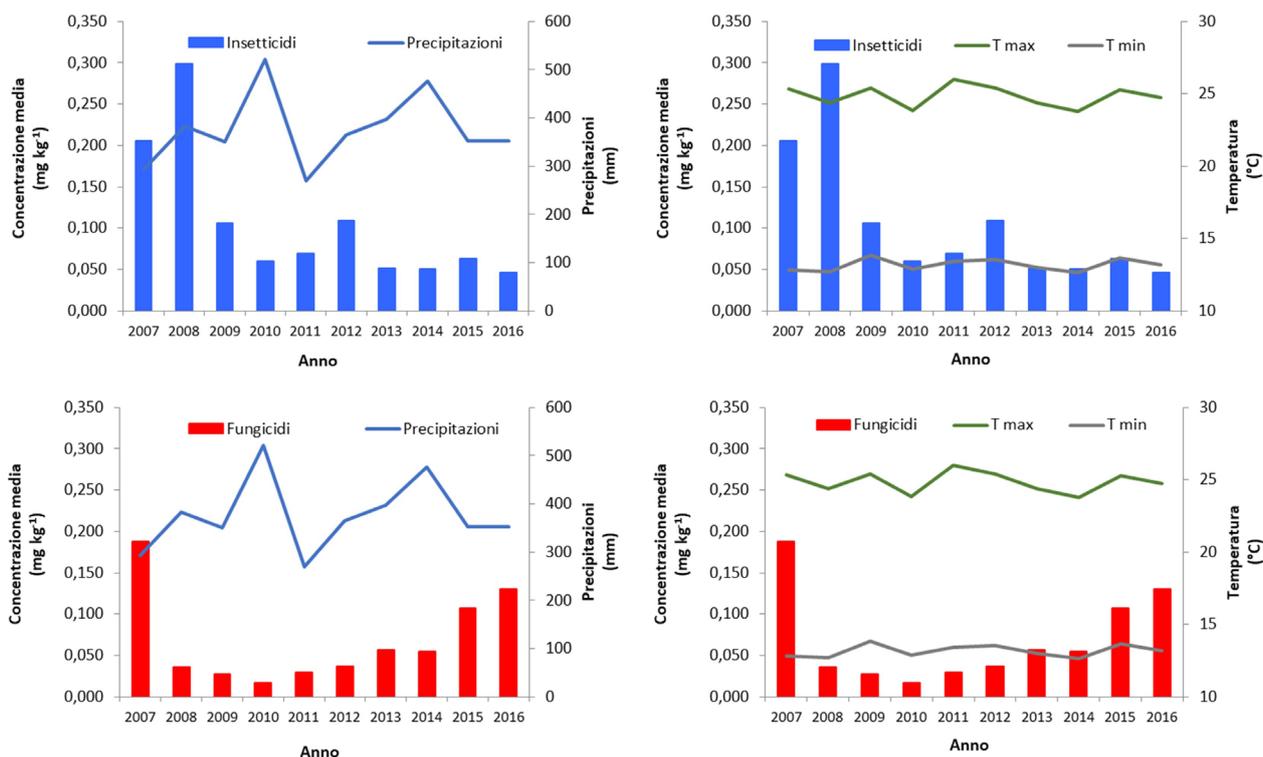


Figura 8 - Andamento delle precipitazioni annue (**sinistra**) e delle media annuale delle temperature massime e minime dell'Emilia-Romagna (**destra**) e concentrazione media annua di insetticidi (**riquadri in alto**) e fungicidi (**riquadri in basso**) nei campioni regionali di ortofrutta.

La tendenza a eseguire sulla coltura un numero di trattamenti che eccede il numero massimo consentito in etichetta, così come la distribuzione del pesticida tramite manichetta di irrigazione quando non consentito, sono alcuni tra i comportamenti non virtuosi che possono talvolta essere osservati nelle aziende agricole. Tali comportamenti sono però limitati da una sorveglianza che si è fatta certamente più serrata nel periodo in studio e la contrazione del contenuto medio degli insetticidi rilevato nei campioni di ortofrutta (**Figura 6**) ne è parziale conferma.

I principi attivi, una volta entrati nel sistema vascolare della pianta, tendono ad essere degradati con tempistiche che dipendono dal tipo di sostanza (principio attivo), dal metabolismo e dalla fisiologia della pianta considerata. Per tale motivo, oltre che tutelare il consumatore, nell'etichetta del pesticida viene riportato, tra le altre informazioni, il tempo di carenza, ovvero il tempo che deve intercorrere tra l'applicazione del pesticida e la raccolta. Il rispetto del tempo di carenza assicura che la sostanza residui nel campione vegetale alla raccolta in concentrazione inferiore all'LMR e sia quindi sicuro per il consumatore.

La concentrazione dei residui nei campioni di ortofrutta in preraccolta, riferendosi a un intervallo temporale che anticipa il processo di degradazione dei principi attivi da parte della pianta di 3-5 giorni rispetto al dato alla possibile vendita e consumo, sono di particolare interesse perché possono fornire informazioni aggiuntive che si interpongono temporalmente tra la distribuzione del principio attivo in campo (fase di trattamento alla coltura) e la valutazione del residuo nel campione di ortofrutta al consumo. In altre parole, la concentrazione dei residui su colture in campo in preraccolta è l'unico dato ambientale a nostra disposizione successivo al dato di vendita dei principi attivi.

La **Figura 9** confronta la quantità media di principi attivi ad azione insetticida e fungicida nei campioni di ortofrutta in preraccolta provenienti dall'Italia (periodo 2007-2015) e dall'Emilia-Romagna (periodo 2008-2015) con i corrispettivi dati di vendita [21].

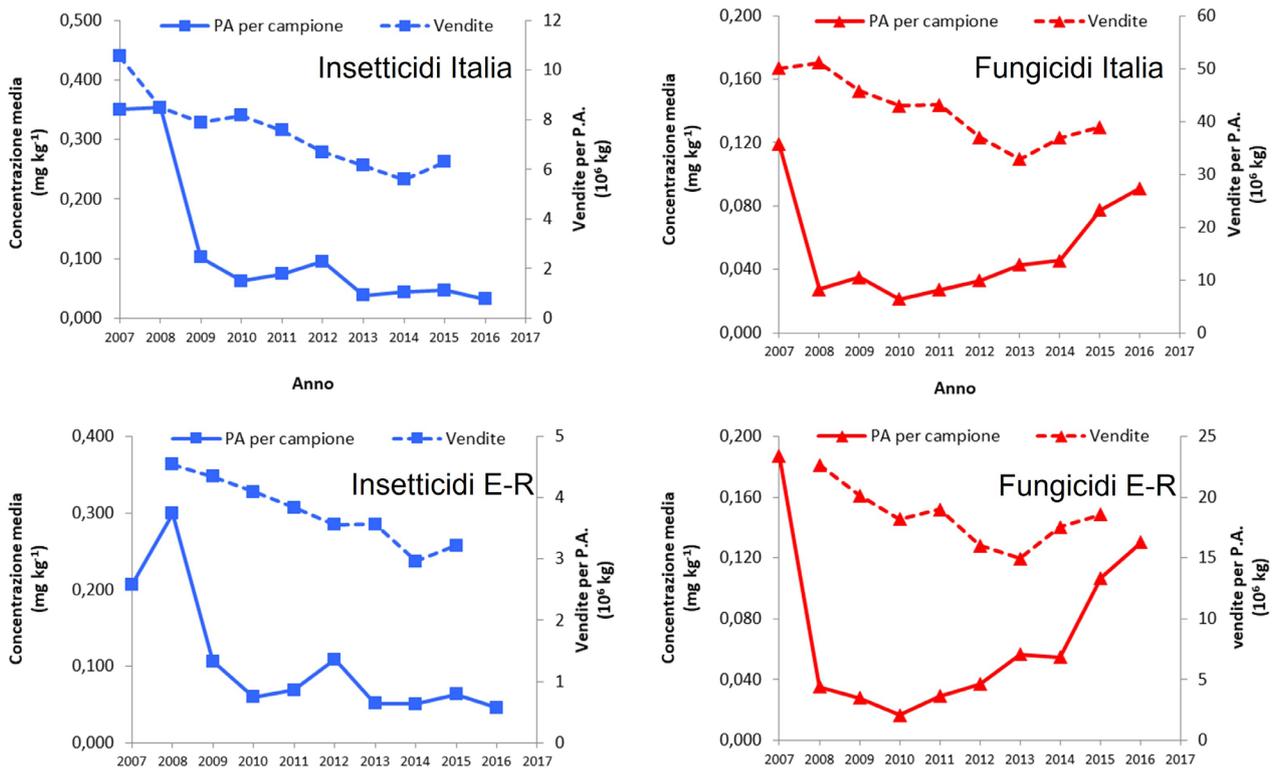


Figura 9 – Concentrazioni medie annue di insetticidi nei campioni di ortofrutta (mg kg^{-1} di principio attivo – P.A.) in preraccolta e quantità di principi attivi venduti (10^6 kg P.A.) in Italia (**riquadro alto, sinistra**) e in Emilia-Romagna (**riquadro basso, sinistra**). Concentrazioni medie annue di fungicidi nei campioni di ortofrutta (mg kg^{-1} P.A.) in preraccolta e quantità di principi attivi venduti (10^6 kg P.A.) in Italia (**riquadro alto, destra**) e in Emilia-Romagna (**riquadro basso, destra**).

In **Figura 9** Non è stato possibile inserire i quantitativi venduti in Italia nel 2016 e in Emilia-Romagna negli anni 2007 e 2016 in quanto non disponibili nella banca dati dell'ISTAT. Osservando l'andamento riportato in figura, è interessante notare che dal 2009 le concentrazioni medie degli insetticidi e dei fungicidi nei campioni in preraccolta ricalcano lo stesso andamento dei dati di vendita dei principi attivi.

Relativamente ai principi attivi ad azione insetticida, le vendite in Emilia-Romagna hanno subito una contrazione del 25% (da circa 4.5×10^6 a circa 3.3×10^6 kg di principi attivi) negli anni 2008-2015, a cui è parallelamente coincisa una diminuzione nella concentrazione media dei principi attivi nei campioni in preraccolta. Questo trend positivo tra la riduzione dei quantitativi venduti e la riduzione della concentrazione media degli insetticidi in campioni in preraccolta osservati dal 2009 è indicativo di una tendenza a razionalizzare l'applicazione degli insetticidi a fronte di specifiche necessità di difesa. La stessa osservazione può essere estesa a livello nazionale.

Diverso è l'andamento delle vendite di principi attivi ad azione antifungina. In Italia così come in Emilia-Romagna, le vendite hanno registrato una netta contrazione dal 2008 al 2013 a cui è seguita nuovamente una crescita negli anni 2014-2015. L'andamento delle concentrazioni medie dei fungicidi nei campioni di ortofrutta sia nazionali che emiliano-romagnoli mette in luce una tendenza alla crescita già dal 2010, anticipando di 3 anni la crescita nelle vendite. Tale sfasamento può essere a scelte di natura tecnica e agronomica, come l'intensificarsi dei trattamenti effettuati in prossimità del periodo della raccolta per preservare la qualità del prodotto alla vendita ma non si possono escludere anche strategie commerciali delle industrie produttrici [22] anche legate imputato al *phase out* di diversi principi attivi che ha però consentito di consumare eventuali scorte accumulate entro 2-3 anni.

4.2 Il numero di principi attivi nei campioni di ortofrutta

La valutazione del rischio tossicologico che interessa un organismo vivente quando viene esposto a un singolo principio attivo si attua tramite procedure consolidate e standardizzate che si avvalgono di test di laboratorio di tipo dose-risposta, i cui risultati vengono poi analizzati, interpretati e utilizzati nell'ambito del *risk management*. Al contrario, lo studio degli effetti sinergici o antagonistici che *cocktail* di molecole xenobiotiche sviluppano nei confronti di organismi viventi rappresenta ad oggi una delle sfide ancora aperte per chi si occupa di rischio tossicologico.

La complessità della valutazione del rischio per miscele di sostanze deriva dal fatto che l'effetto tossicologico globale non è necessariamente la somma degli effetti prodotti dalle singole molecole. Gli effetti sinergici o antagonistici che le miscele di principi attivi producono in specifici organismi viventi risultano difficili da misurare e di difficile modellizzazione, a causa dell'elevato numero di variabili in gioco e sono dunque difficilmente prevedibili.

Alla luce del possibile effetto sinergico che più principi attivi possono manifestare sugli organismi *non-target*, nella valutazione della qualità e salute delle acque superficiali e profonde (dossier ISPRA) così come nel monitoraggio sugli alimenti (report Ministero della Salute e EFSA), da anni si pone particolare attenzione alla numerosità dei principi attivi presenti nelle matrici ambientali e alimentari.

Per rispondere allo stesso tipo di necessità, in **Figura 10** si riporta la percentuale di campioni provenienti dall'intero territorio nazionale (**riquadro in alto**) e dall'Emilia Romagna (**riquadro in basso**), contenenti un diverso numero di principi attivi nel periodo 2007-2016.

Nella figura la barra bianca rappresenta la percentuale di campioni che non hanno ricevuto trattamenti o i cui residui non sono quantificabili in quanto al di sotto del limite di determinazione (LOD, solitamente $0,01 \text{ mg kg}^{-1}$ di campione, limite di misura del metodo analitico ufficialmente adottato). Poiché una concentrazione che sia inferiore al limite analitico della misura non può essere determinata, qualunque valore di concentrazione al di sotto di questo limite viene assimilata a zero. I tre istogrammi che vanno dal grigio più chiaro al grigio più scuro indicano le percentuali dei campioni che contengono rispettivamente 1, 2 o 3 principi attivi. Infine, l'istogramma nero indica la percentuale di campioni che contiene un numero di principi attivi maggiore o uguale a 4.

La lettura delle fluttuazioni negli anni delle barre a diverso colore (percentuali di campioni contenenti un diverso numero di principi attivi) può risultare non semplice. A tal proposito, l'osservazione delle sole percentuali di campioni che non contengono residui (barra bianca) o che ne contengono un numero maggiore o uguale a 4 (barra nera) può semplificare l'interpretazione di come il numero di principi attivi nei campioni si è evoluto nel decennio in studio.

Nei campioni di ortofrutta provenienti dall'Emilia-Romagna (**Figura 10 - Riquadro basso**), la percentuale senza pesticidi (barre bianche) si attesta attorno al valore medio del 44% negli anni 2007-2014, mentre si abbassa al 31% nel 2015-2016. La percentuale di campioni contenenti un numero di principi attivi maggiore o uguale a 4 (barre nere) raggiunge il suo valore massimo (circa 10%) negli anni 2007-2009 e successivamente nel 2015-2016.

Se si confrontano le percentuali a diverso numero di principi attivi dei prodotti provenienti dall'Emilia-Romagna con quelle dei prodotti di provenienza nazionale (**Figura 10 - Riquadro alto**), si può notare come quest'ultimo sia più virtuoso se sottoposto all'analisi del rischio.

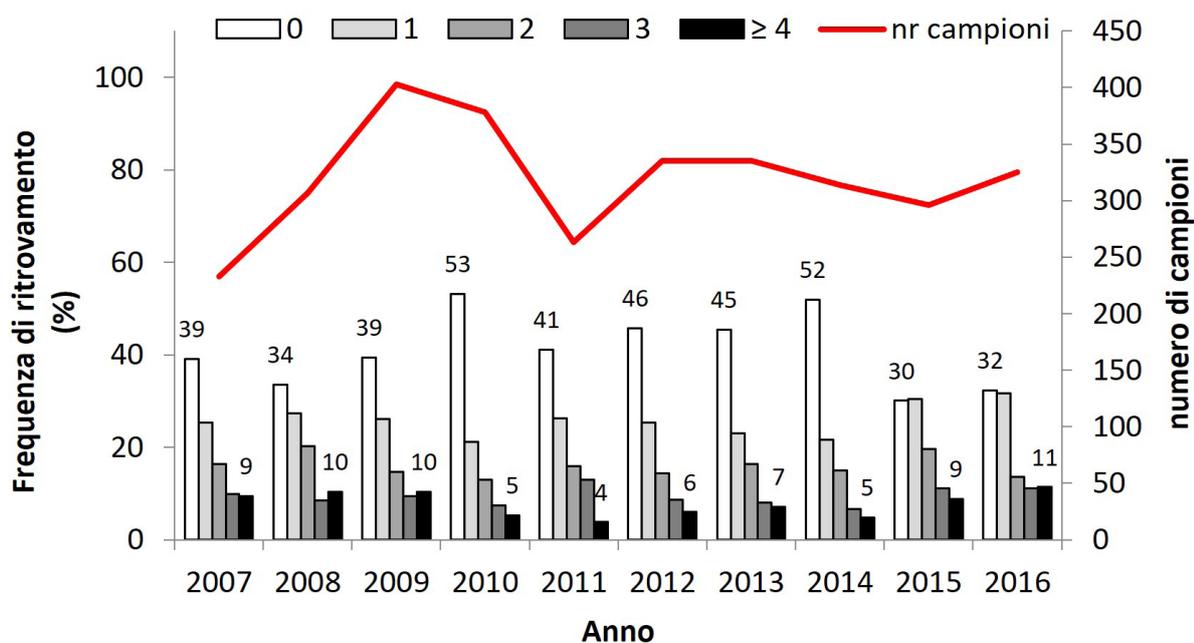
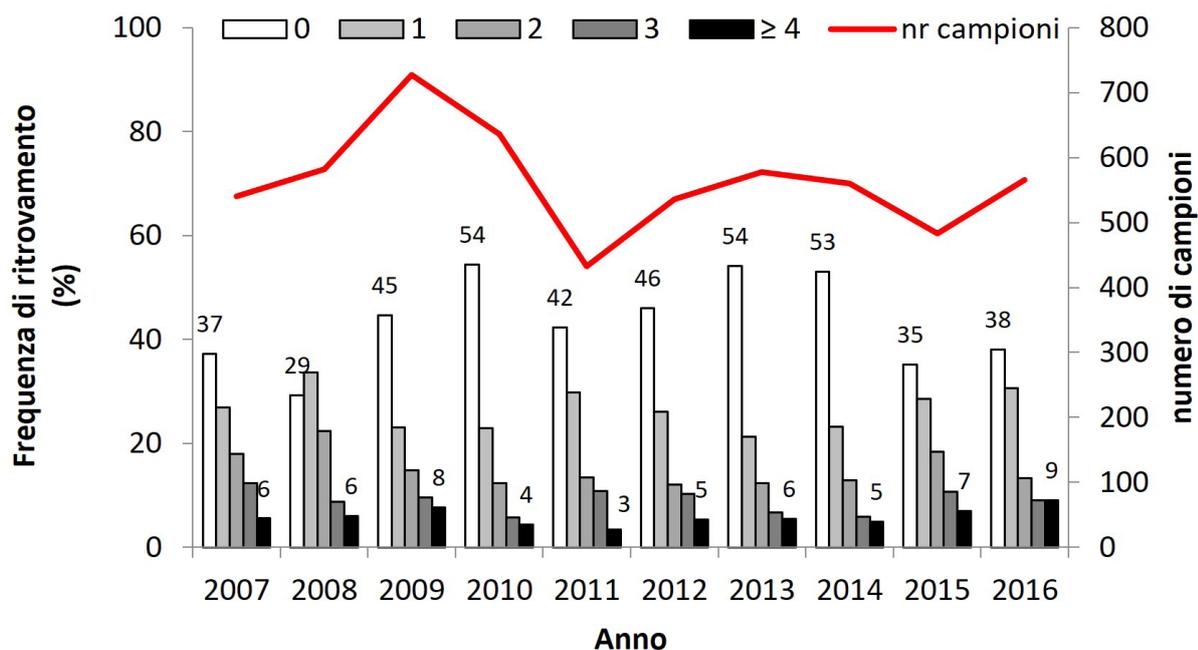


Figura 10 - Percentuale annuale di campioni di ortofrutta provenienti dall'Italia (**Riquadro alto**) e dall'Emilia-Romagna (**Riquadro basso**) che contengono 0 (bianco), 1 (grigio chiaro), 2 (grigio), 3 (grigio scuro) e ≥ 4 principi attivi (nero). Per ciascun anno è riportato il numero di campioni totali di ortofrutta analizzati.

Infatti, la percentuale di campioni italiani senza residui è più elevata rispetto a quella dei campioni regionali per ben otto anni sui dieci di osservazione. Inoltre, la percentuale di campioni nazionali che contengono un numero di principi attivi maggiori o uguali a 4 rispetto a quella dei campioni regionali è più bassa per sette anni sui dieci di osservazione.

Nei campioni di ortofrutta in preraccolta provenienti dall'Emilia-Romagna si registrano quindi quantità maggiori di principi attivi negli ultimi 5 anni di osservazione (2012-2016, **Figura 6**) e in numero superiore rispetto a quanto osservato a livello nazionale per tutti i 10 anni di osservazione (**Figura 10**). A tal proposito, un maggior numero di principi attivi nei campioni provenienti dalla Emilia-Romagna può essere ricondotto alle resistenze fungine

[23,24], un fenomeno che può essere contrastato con formulati contenenti più principi attivi. È importante ricordare qui che il rame, prodotto di copertura largamente utilizzato per contrastare le resistenze, non è invece incluso nei dati considerati.

4.3. Frequenza di ritrovamento dei pesticidi nei campioni di ortofrutta italiani

La **Figura 11** riporta la percentuale dei 29 principi attivi ritrovati nei campioni di ortofrutta provenienti dall'intero territorio nazionale con una frequenza superiore all'1%. Di questi principi attivi, 20 sostanze appartengono alla classe degli insetticidi e 9 a quella dei fungicidi. I tempi di carenza di questi principi attivi per le colture prese in considerazione in questo studio sono riportati in **Tabella 1**.

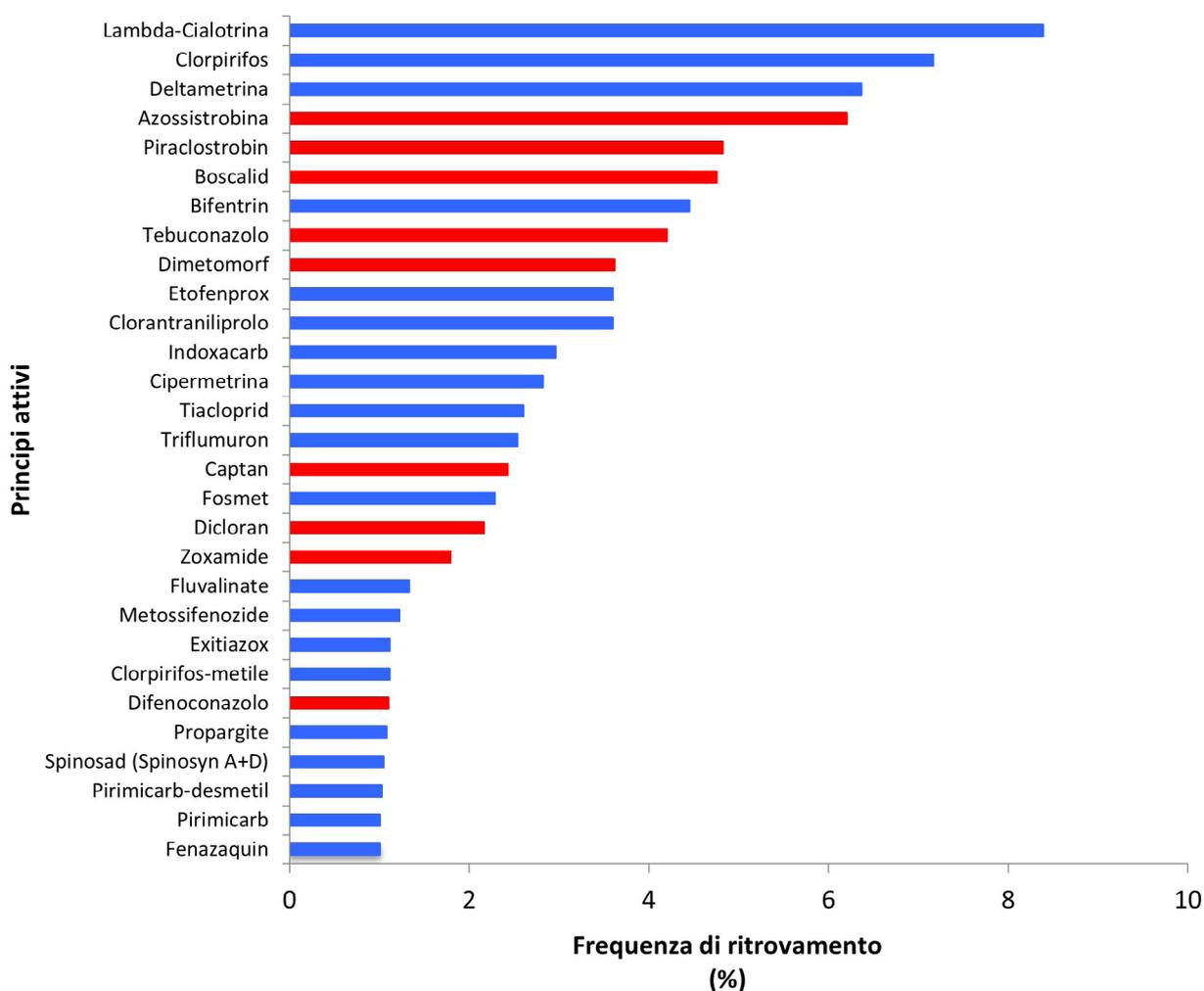


Figura 11 - Percentuale dei principi attivi più frequentemente ritrovati nei campioni di ortofrutta in fase di preraccolta provenienti dall'intero territorio italiano (periodo 2007-2016).

Tabella 1 - Tempi di carenza di principi attivi ritrovati più frequentemente sulle colture oggetto dello studio (Fonte: etichette di prodotti fitosanitari contenenti i singoli principi attivi). Fonte: Etichette dei formulati a maggiore titolo di principio attivo singolo approvati per l'uso alla data del 20 aprile 2021, e consultabili dal database del Ministero della Salute [25].

PRINCIPI ATTIVI	Tempi di carenza (giorni)									
	Pomodoro	Pisello	Fagiolino	Mais dolce	Fagiolo	Cece	Pesco	Melo	Pero	Susino
Azossistrobina	3	14	7	n.a.	14	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Bifentrin*	7	7	3	7	n.a.	n.a.	21	21	21	21
Boscalid	n.a.	7	7	n.a.	7	7	3	7	7	n.a.
Captano	21	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	21	21	21	21
Cipermetrina	3	3	3	60	n.a.	n.a.	14	14	14	n.a.
Clorantrolilprolo	3	n.a.	n.a.	7	n.a.	n.a.	14	14	14	14
Clorpirifos*	10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	90	90	n.a.
Clorpirifos metile	10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	15	21	21	15
Deltametrina	3	7	7	3	7	7	3	7	7	7
Dicloran**	20	20	20	?	20	20	?	?	?	?
Difenoconazolo	7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	7	14	14	n.a.
Dimetomorf	10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Etofenprox	3	n.a.	7	n.a.	n.a.	n.a.	7	7	7	n.a.
Exitiazox	3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	28	28	n.a.
Fenazaquin**	7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	14	28	28	n.a.
Fluvalinate (stereoisomeri)	n.a.	7	7	n.a.	7	14	30	30	30	n.a.
Fosmet	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	14	28	28	n.a.
Indoxacarb	3	n.a.	n.a.	7	n.a.	n.a.	7	7	7	n.a.
Lambda-Cialotrina	3	7	3	7	7	n.a.	7	7	7	7
Metossifenoziide	3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	7	14	14	n.a.
Piraclostrobin	n.a.	28	n.a.	n.a.	28	28	14	21	21	14
Pirimicarb	3	7	n.a.	7	7	n.a.	7	7	7	7
Propargite**	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Spinosad (Spinosyn A+D)	3	3	7	3	7	n.a.	7	7	7	7
Tebuconazolo	3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	7	n.a.	n.a.	7
Tiacloprid*	3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	14	14	14	14
Triflumuron*	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	14	28	28	14
Zoxamide	3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

LEGENDA

(n.a.) = non ammesso sulla coltura; (?) = dato non disponibile o incerto; (*) = non incluso tra i principi attivi dell'all. 1 alla direttiva 91/414/EEC (e pertanto non autorizzato all'utilizzo come prodotto fitosanitario) ma autorizzato all'impiego durante il periodo oggetto di studio o parte di esso. I tempi di carenza riportati per queste sostanze sono quelli validi nel periodo 2007-2016; (**) = non incluso tra i principi attivi dell'all. 1 alla direttiva 91/414/EEC (e pertanto non autorizzato all'utilizzo come prodotto fitosanitario) durante il periodo oggetto di studio. I tempi di carenza riportati sono da ritenersi puramente indicativi.

La molecola più frequentemente ritrovata nei campioni di ortofrutta è l'insetticida lambda-cialotrina, consentito su 9 delle 10 colture considerate in questo studio con tempi di carenza che vanno dai 3 giorni nel pomodoro a 7 giorni nelle altre colture (**Tabella 1**). Seguono, per frequenza di ritrovamento decrescente, gli insetticidi clorpirifos e deltametrina. Il clorpirifos ha tempo di carenza di 10 giorni sul pomodoro e di 90 giorni su melo e pero mentre la deltametrina, che è ammessa su tutte le colture considerate nello studio, ha tempi di carenza più brevi (3-7 giorni). Con frequenze di ritrovamento più basse, osserviamo tre fungicidi: l'azossistrobina, ammessa solo su pomodoro (tempo di carenza 3 giorni), fagiolino (7 giorni) e pisello (14 giorni), il piraclostrobin, ammesso su 6 colture con tempi di carenza tra i 14 e 28 giorni, e il boscalid, ammesso su 7 colture e con tempi di carenza da 3 giorni (pesco) a 7 giorni sulle altre colture. Seguono i due fungicidi tebuconazolo (ammesso su pomodoro con 3 giorni di tempo di carenza e su pesco e susino con 7) e dimetomorf, ammesso solo su pomodoro con 10 giorni di tempo di carenza.

Il frequente ritrovamento di almeno 9 principi attivi con bassi tempi di carenza (3-7 giorni) sui campioni prelevati in preraccolta (boscalid, deltametrina, etofenprox, indoxacarb, lambda-cialotrina, pirimicarb, spinosad, tebuconazolo e zoxamide) è indice evidente della necessità di effettuare trattamenti a ridosso della raccolta per assicurare la qualità del prodotto alla vendita.

Come ampiamente riportato nei dossier ISPRA, la frequenza di ritrovamento dei pesticidi nelle acque superficiali e profonde è di estrema utilità per il monitoraggio del loro stato di salute, di quello degli ecosistemi acquatici e, più in generale, dell'ambiente.

Tra i principi attivi rilevati nelle colture in preraccolta con frequenza superiore all'1%, 10 coincidono con le molecole (prevalentemente erbicidi) ritrovate con maggior frequenza nelle acque superficiali e profonde come riportato nei rapporti dell'ISPRA [26-30]: 5 sono principi attivi ad azione insetticida (clorpirifos, clorantraniliprololo, etofenprox, tiacloprid e pirimicarb) e 5 ad azione fungicida (azossistrobina, piraclostrobin, boscalid, tebuconazolo e dimetomorf).

Il confronto della frequenza di ritrovamento di principi attivi in colture in campo in preraccolta con quella del loro ritrovamento nelle acque nazionali è, da un punto di vista ambientale, quanto di più lontano si possa ipotizzare. La presenza di un residuo su una coltura in campo è intercettabile entro pochi giorni dal trattamento e dipende dalla velocità con cui viene trasformato dalla pianta, mentre la sua presenza nelle acque superficiali e profonde deriva da dinamiche più complesse e che si estendono su scale sia spaziali che temporali più ampie. Ciò nonostante, da un'attenta osservazione delle frequenze di ritrovamento dei 10 principi attivi rilevati sia nei campioni di ortofrutta che nelle acque superficiali e profonde per ogni anno della serie storica (**Figura 12**) è possibile fare alcune considerazioni.

Nella figura, per ogni singolo principio attivo, si riporta anche il Groundwater Ubiquity Score index [31], l'indice GUS che, come è noto, fornisce un valore predittivo del possibile ritrovamento dei pesticidi nei corpi idrici. Per ogni sostanza, l'indice di GUS viene calcolato dal dato di emivita nel suolo e dall'affinità per il carbonio organico: meno persistente e meno affine al carbonio organico del suolo sarà un prodotto, più elevata sarà la probabilità di ritrovarlo nelle acque, più alto sarà l'indice di GUS.

Dall'osservazione degli andamenti delle frequenze di ritrovamento degli 10 principi attivi nei campioni di ortofrutta e nelle acque superficiali e profonde (**Figura 12**) è possibile osservare una certa coerenza per azossistrobina, boscalid, clorantraniliprololo, dimetomorf e tebuconazolo, tutti principi attivi caratterizzati da lisciviabilità media-alta (indice GUS >1,8). La coerenza dell'andamento delle due frequenze per i principi attivi lisciviabili in due matrici così diverse per i 10 anni di osservazione può essere verosimilmente collegata al loro input nell'ambiente (i dati di vendita) e alla capacità intrinseca di queste molecole persistenti a raggiungere i corpi idrici tramite percolazione e runoff superficiale.

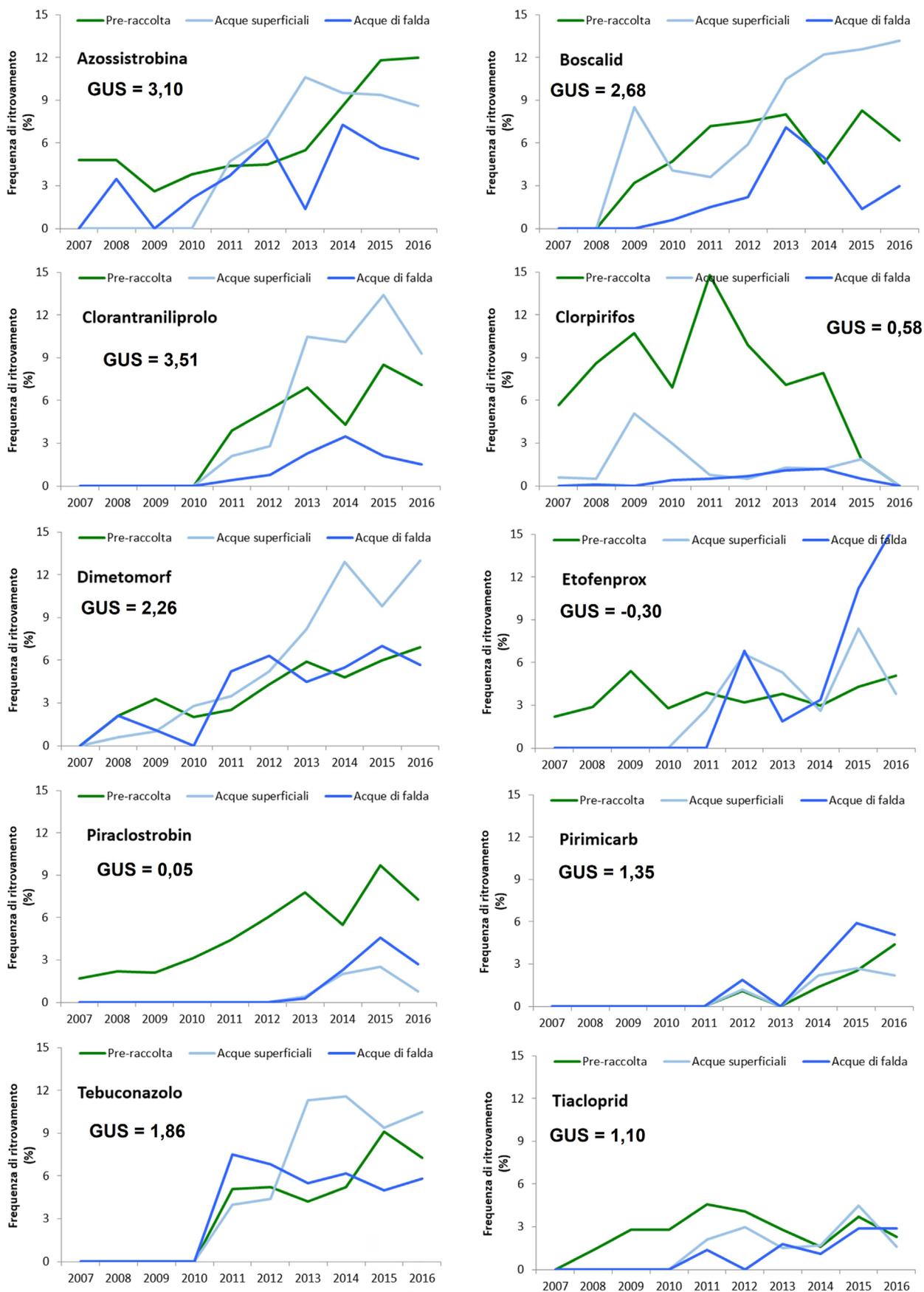


Figura 12 - Percentuale annua dei principi attivi più frequentemente ritrovati nei campioni nazionali in preraccolta e nelle acque nazionali superficiali e di falda (fonte ISPRA). Per ogni principio attivo si riporta l'indice Groundwater Ubiquity Score (GUS) il cui valore definisce il potenziale di percolazione nei corpi idrici.

Al contrario, la presenza e diffusione nei corpi idrici di molecole a bassa lisciviabilità quali, ad esempio, clorpirifos, etofenprox, tiacloprid, piraclostrobin e pirimicarb, dipendere da dinamiche più complesse e talvolta non prevedibili, come si può osservare in seguito ad un inquinamento di tipo puntiforme e un utilizzo non consentito; dinamiche che non possono essere collegate meramente all'input ambientale e dunque alla frequenza di osservazione nei campioni di ortofrutta in preraccolta.

4.4. Considerazioni di sicurezza alimentare

Essendo questo studio riferito a campioni di ortofrutta in preraccolta, qualunque osservazione inerente alla loro sicurezza per un eventuale consumo andrebbe formalmente evitato. Va però ricordato che questo tipo di monitoraggio viene eseguito in autocontrollo dalle aziende agricole, cautelativamente 3-5 giorni in anticipo rispetto alla raccolta, per scongiurare che i campioni di ortofrutta non superino l'LMR per il contenuto di pesticidi una volta che vengano messi in commercio o lavorati e quindi consumati.

Al fine di valutare se i dati in preraccolta possano fornire informazioni aggiuntive a quanto riportato nel monitoraggio sui campioni di ortofrutta effettuato dall'Istituto Superiore di Sanità, occorre ricordare che esistono alcune differenze fondamentali nella composizione dei campioni che andiamo a comparare. Tali differenze sono sintetizzate in **Tabella 2**.

Campione	Istituto Superiore di Sanità	Questo studio
Natura	Campioni prelevati presso punti vendita (negozi e mercati), per semplicità qui indicati campioni post-raccolta	Campioni prelevati in campo in preraccolta. Orticole campionate prelevando la pianta, o una sua parte (ad esempio, fagiolino pianta, brattea di mais, pisello con baccello, ecc)
Composizione	Campioni rappresentativi dell'intera dieta	Campioni rappresentativi di 10 colture di largo consumo
Numerosità	Italia: 47441	Italia: 5638

Tabella 2 - Caratteristiche dei campioni di ortofrutta analizzati dal Ministero della Salute e da questo studio nel periodo 2007-2016.

In linea con l'elaborazione fornita dall'Istituto Superiore di Sanità del Ministero della Salute, in **Figura 13** si riporta la percentuale di campioni di ortofrutta in preraccolta con un numero di pesticidi pari a 0, 1 e maggiori o uguali a 2, provenienti dall'intero territorio nazionale. Nella stessa figura, a parità di caratteristiche, si riporta anche la percentuale di campioni di ortofrutta postraccolta, ottenuti tramite elaborazione di dati riportati nei dossier annuali del Controllo ufficiale sui residui di prodotti fitosanitari negli alimenti [32-41] per il periodo 2007-2016.

Partendo dalla percentuale di campioni senza residuo misurabile (**Figura 13, riquadro alto**), si evince che nei campioni in preraccolta essa è sempre inferiore a quella dei campioni post-raccolta, ad esclusione dell'anno 2014, per il quale non è stato possibile recuperare il monitoraggio dell'ISS. Tale risultato va interpretato alla luce dello scarto temporale di almeno 3-5 giorni tra i monitoraggi in pre- e postraccolta, periodo che consente al metabolismo della pianta di continuare a trasformare il principio attivo, andando così a innalzare la percentuale dei campioni post-raccolta con residui non misurabili.

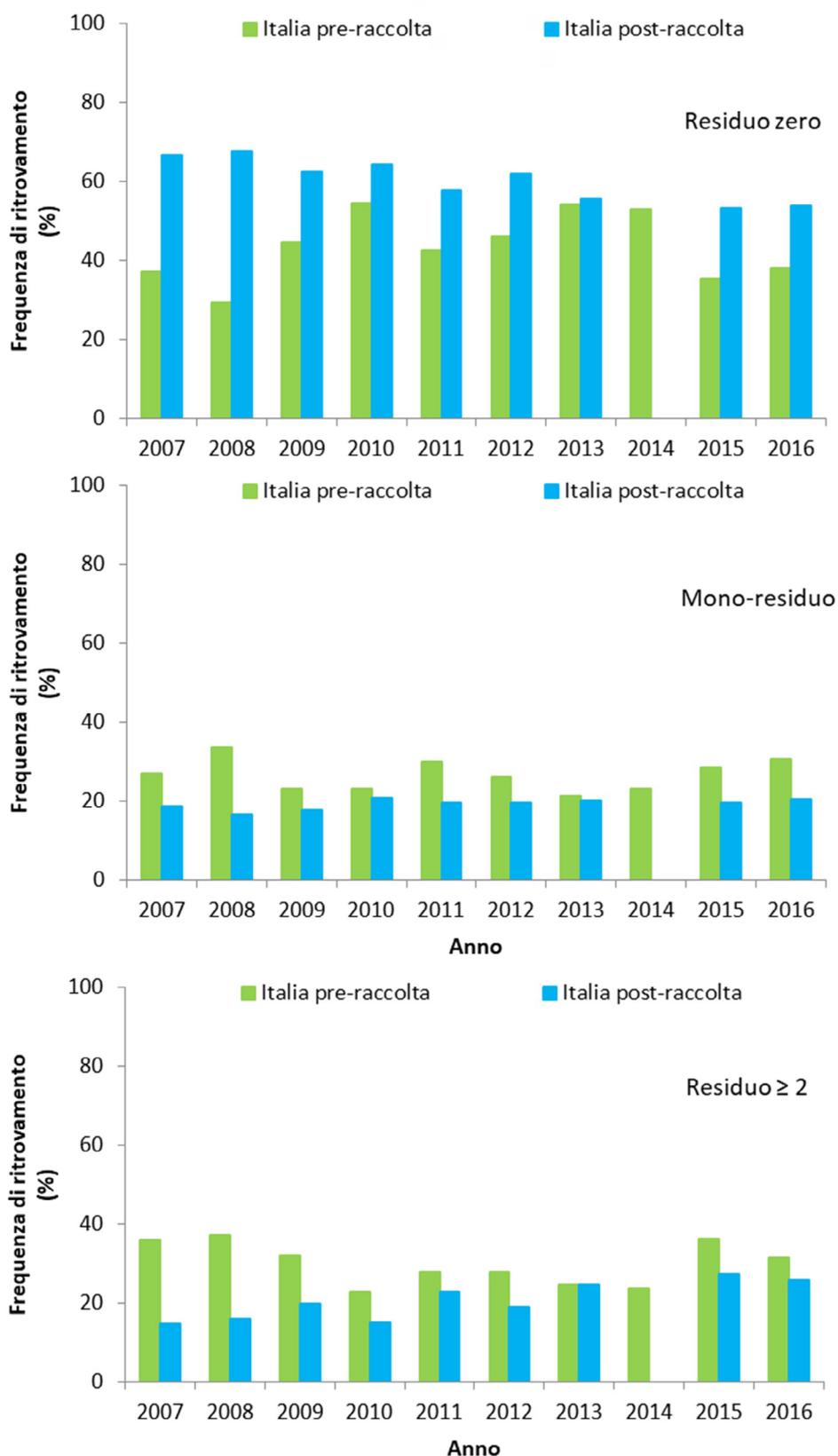


Figura 13 - Percentuale di campioni di ortofrutta in preraccolta e di campioni di ortofrutta postraccolta (alimenti) prelevati su territorio italiano contenenti 0 (residuo zero), 1 (mono-residuo) e ≥ 2 principi attivi (multi-residuo). Dati di postraccolta reperiti nei dossier annuali del Controllo ufficiale sui residui di prodotti fitosanitari negli alimenti [32-41] dell'Istituto Superiore di Sanità.

Coerentemente con lo sfasamento temporale tra i due monitoraggi, e a conferma di quanto già osservato per le percentuali a residuo zero, le percentuali di campioni mono- e multi-residuo (**Figura 12**, rispettivamente **riquadro centrale e basso**) sono più alte nei campioni in preraccolta rispetto alle percentuali dei campioni in postraccolta.

Il numero di residui più elevato nei campioni di ortofrutta analizzati in preraccolta rispetto al postraccolta mette in luce l'importanza del dato in preraccolta. In una linea temporale che va dalla somministrazione del prodotto fitosanitario, quantificabile dal dato di vendita, al contenuto e al numero dei principi attivi quantificati negli alimenti (campioni postraccolta), i dati dei residui in colture in campo in preraccolta aggiungono informazioni fondamentali e di sicura utilità per la valutazione del rischio di esposizione ambientale, nonché all'utilizzo dei pesticidi in campo.

Alla luce di questo risultato, nonostante la numerosità dei campioni regionali e nazionali in pre-raccolta e del campione nazionale in post-raccolta sia diversa (rispettivamente, 3189, 5638 e 47441) e nonostante la composizione dei campioni pre- e post-raccolta non sia uniforme, si ritiene che il monitoraggio dei residui in campioni in preraccolta possa essere uno strumento di indagine che si aggiunge ai dati di vendita e al monitoraggio dei residui negli alimenti, in quanto temporalmente interposto.

5. IL POMODORO: UN CASO ITALIANO

Secondo i dati ISTAT, la produzione italiana di pomodoro destinato alla trasformazione, o *da industria*, si attesta da più di dieci anni sulle 5 milioni di tonnellate (Mton) all'anno con oscillazioni del 10% legate in buona parte alla stagionalità. I dati degli anni 2017, 2018 e 2019 sono in linea con le medie annue del periodo 2007-2016, rappresentato in **Figura 14**. L'Emilia-Romagna è prima produttrice di pomodoro da industria (1,67 Mton all'anno in media nel decennio in esame), separata di poco dalla Puglia (1,64 Mton all'anno in media), assieme alla quale produce due terzi del pomodoro da trasformazione italiano. La Lombardia è la terza in classifica (0,4 Mton all'anno - media decennale) seguita dalla Campania (0,25 Mton all'anno - media decennale).

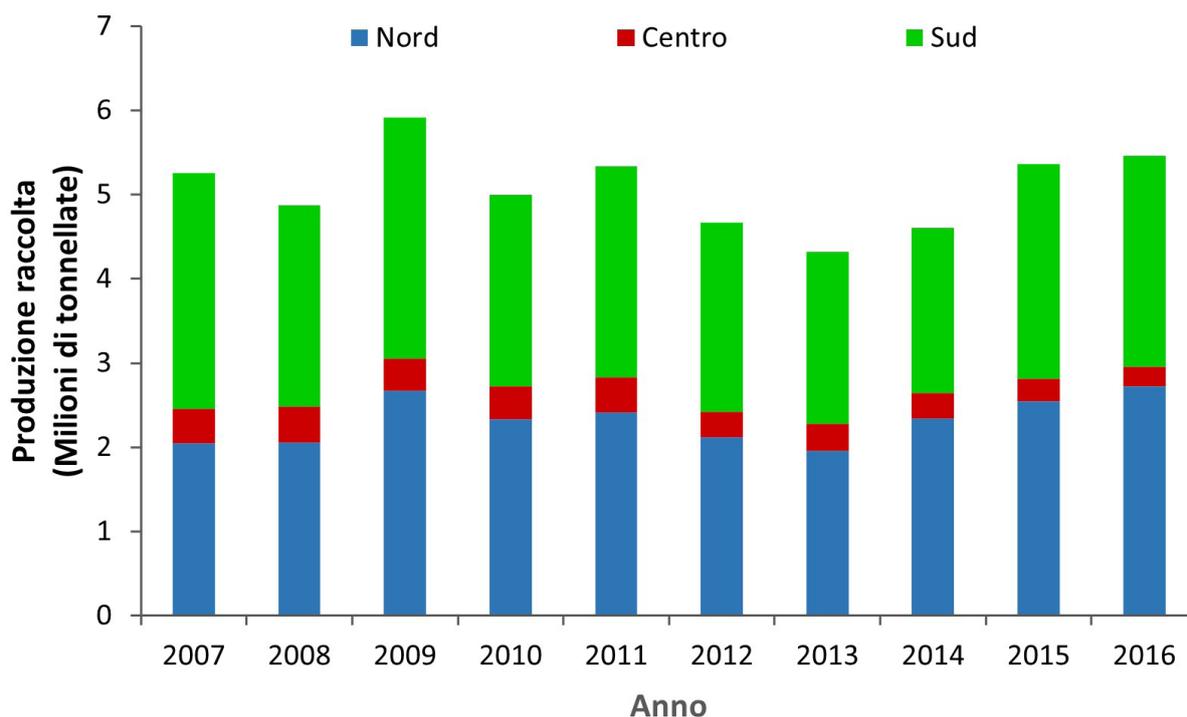


Figura 14 – Produzione nazionale annua di pomodoro da industria

La maggiore resa agronomica (produzione totale su superficie) media complessiva si è registrata in Puglia (742 q ha⁻¹), seguita da Emilia-Romagna (687 q ha⁻¹). Tuttavia, la Puglia raccoglie solamente il 95% dei propri pomodori da Industria, contro il 100% della Lombardia, il 99,9% dell'Emilia-Romagna e il 96,1% della Campania. Alte percentuali di prodotto non

raccolto (il dato peggiore è quello del Veneto, dove nel decennio sono stati raccolti meno del 93% dei pomodori da industria prodotti) possono essere indicatori di debolezze nella produzione o nella catena di fornitura. Conserve Italia raccoglie pomodoro prevalentemente in Emilia-Romagna, Puglia e Toscana [14]. Tra le tipologie di campioni di ortofrutta analizzati nel periodo 2007-2016, il pomodoro risulta essere la coltura che per distribuzione geografica dei campioni meglio rappresenta l'intero territorio nazionale (**Figura 15**). La numerosità dei campioni analizzati nel decennio (n° campioni = **2028**) rende statisticamente significativa la sua analisi distinta.

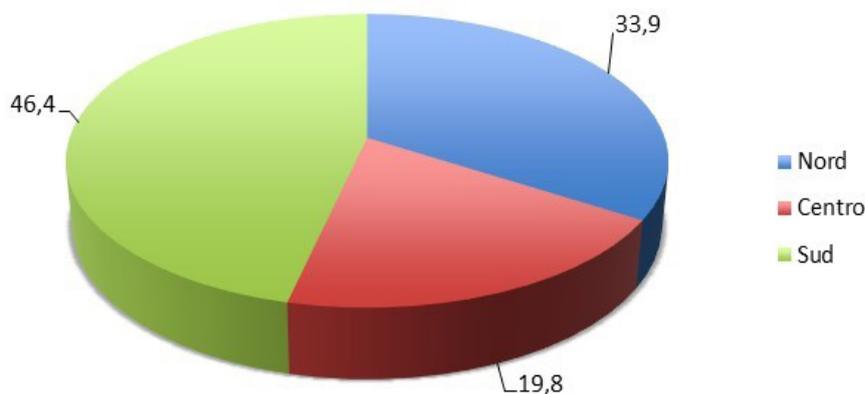


Figura 15 - Distribuzione percentuale dei campioni di pomodoro per area geografica.

L'andamento delle concentrazioni medie annue di insetticidi, fungicidi ed erbicidi per il pomodoro nel decennio 2007-2016 è riportato in **Figura 16**.

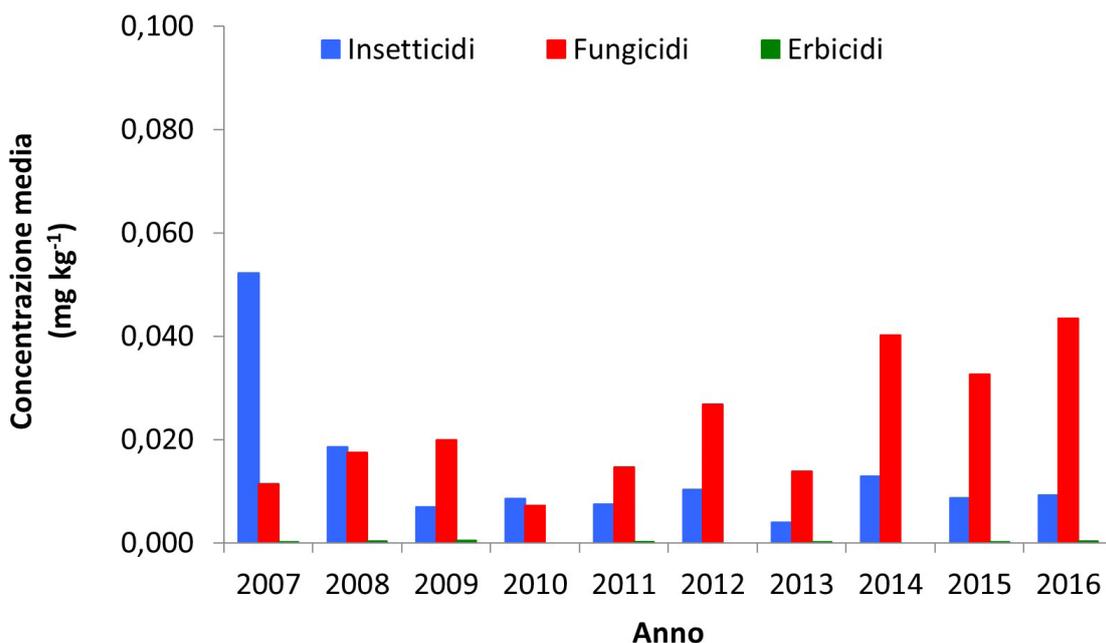


Figura 16 - Andamento delle concentrazioni medie annuali di insetticidi, fungicidi ed erbicidi in campioni nazionali di pomodoro (bacca) in campo in fase di preraccolta.

Come già osservato nei campioni di ortofrutta di origine nazionale derivanti dalle 10 colture in studio (**Figura 7**), anche nel pomodoro le concentrazioni medie di erbicidi risultano pressoché trascurabili, mentre insetticidi e fungicidi mostrano valori più elevati. La concentrazione media annua degli insetticidi cala nei primi 3 anni di studio (2007-2009), dopo di che, già a partire dal 2009, presenta un valore altalenante che non supera mai $0,015 \text{ mg kg}^{-1}$.

Al contrario i fungicidi mostrano una concentrazione media annua superiore a quella degli insetticidi in 7 anni su 10, con una tendenza all'aumento fino a raggiungere negli ultimi anni della serie storica valori medi annuali superiori a $0,04 \text{ mg kg}^{-1}$.

Da un confronto tra le concentrazioni medie di residui nei campioni di pomodoro (**Figura 16**) con quelle rilevate nei campioni di ortofrutta prelevati sul territorio nazionale (**Figura 7 riquadro alto**, il cui 36% è rappresentato dagli stessi campioni di pomodoro), è possibile osservare come il pomodoro contenga in linea generale un più ridotto quantitativo (mediamente 1/5) di insetticidi o fungicidi per ogni anno della serie indagata. Il pomodoro, dunque, sembra essere una coltura a residualità più bassa rispetto alle altre tipologie di campioni di ortofrutta.

Il contenuto medio decennale di erbicidi, insetticidi e fungicidi nel pomodoro in funzione della provenienza geografica (nord, centro e sud Italia) dei campioni è mostrato in **Figura 17**.

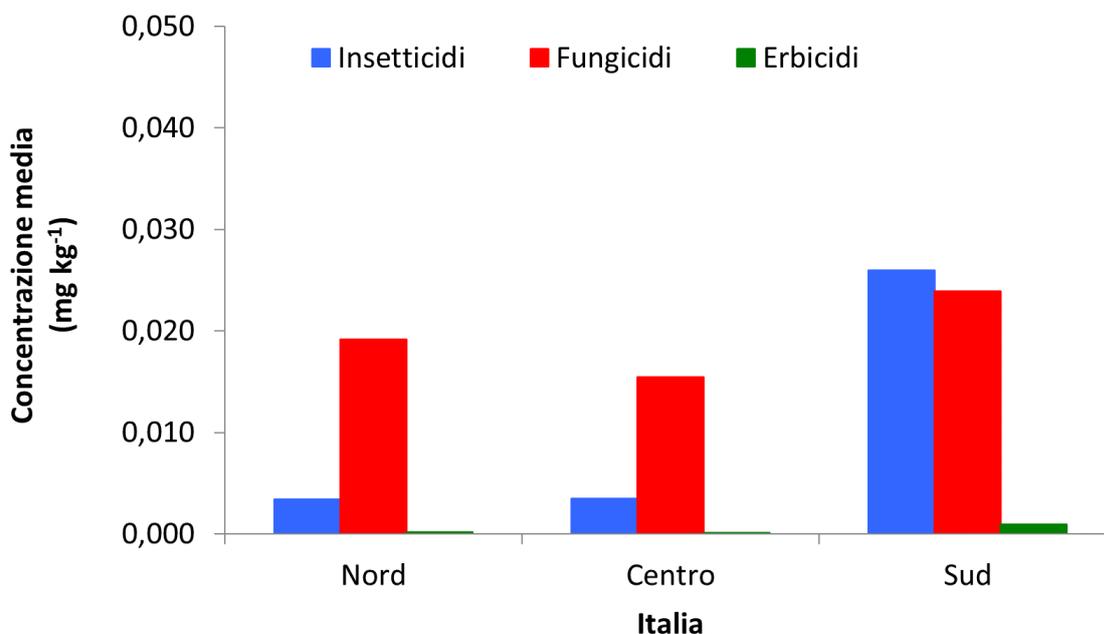


Figura 17 – Distribuzione geografica (nord, centro e sud Italia) delle concentrazioni medie decennali di insetticidi, fungicidi ed erbicidi in campioni di pomodoro in preraccolta (periodo 2007-2016).

È interessante sottolineare che, mentre la concentrazione media decennale dei fungicidi si differenzia di poco tra nord, centro e sud-Italia, una grande differenza esiste per il contenuto di insetticidi che è circa 5 volte più elevato al sud rispetto a centro e nord-Italia. Le più alte temperature medie tipiche delle aree meridionali del paese possono solo parzialmente spiegare l'utilizzo maggiore di insetticidi rispetto alle zone centro-settentrionali.

In **Figura 18** è riportata la percentuale annua di campioni di pomodoro contenenti un diverso numero di principi attivi nel periodo 2007-2016. La percentuale di campioni di pomodoro che contengono un numero di principi attivi maggiore o uguale a quattro (barra nera) tende ad aumentare lungo la serie storica, anche se in percentuali più basse rispetto a quanto osservato per l'intero campione di ortofrutta nazionale (**Figura 10 - riquadro alto**).

Informazioni analoghe si ottengono osservando la percentuale di campioni di pomodoro senza residui misurabili (barra bianca), che è superiore a 50% in ben 5 anni sui 10 di osservazione (**Figura 18**), mentre nei campioni nazionali di ortofrutta la percentuale senza residui è superiore al 50% solo in 3 anni della serie storica (**Figura 10 - riquadro alto**).

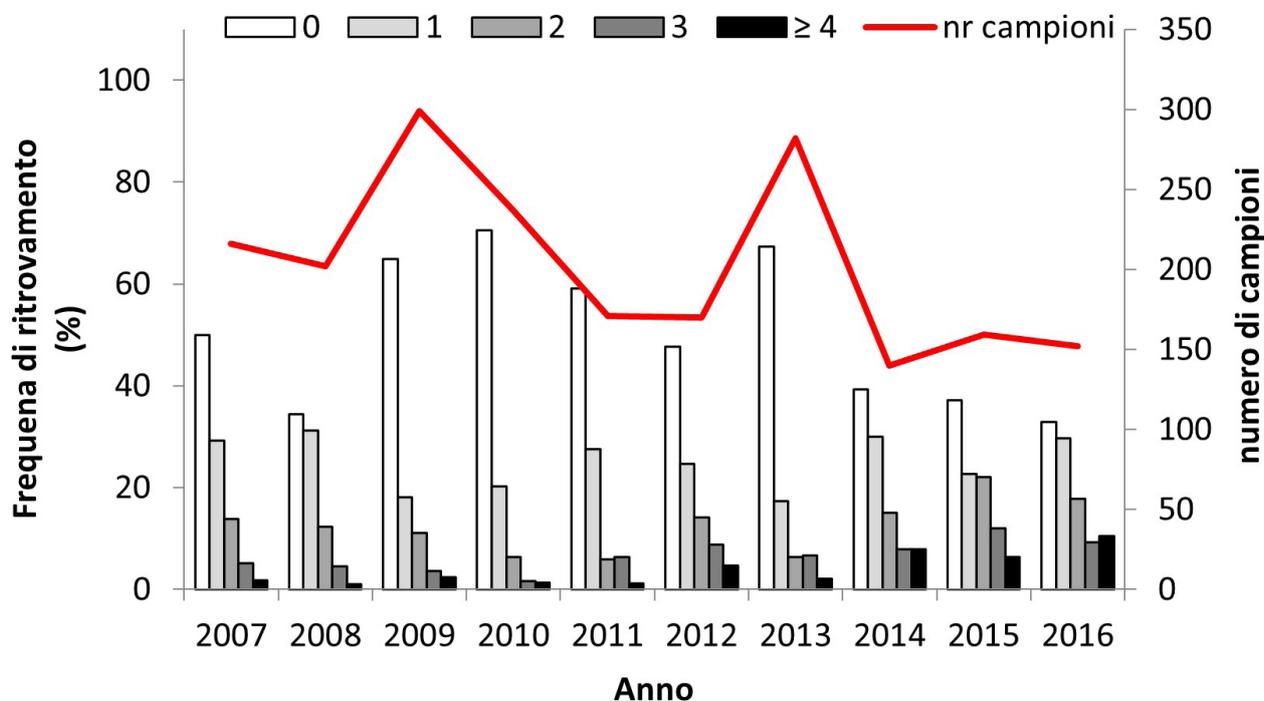


Figura 18 – Andamento della percentuale di campioni nazionali di pomodoro (bacca) in preraccolta che contengono 0, 1, 2, 3 e ≥ 4 principi attivi. Per ciascun anno è riportato il numero di campioni analizzati.

In **Figura 19** è mostrata la percentuale media decennale di campioni di pomodoro contenenti un diverso numero di principi attivi in funzione della provenienza geografica. Mentre la percentuale dei campioni contenenti un singolo principio attivo è pressoché costante sull'intero territorio nazionale, i campioni provenienti dal sud-Italia presentano percentuali più alte multiresiduo rispetto ai campioni provenienti dalle zone centro-settentrionali.

In sintesi, su base nazionale e per l'intero decennio 2007-2016, il pomodoro contiene concentrazioni medie più basse di principi attivi, e in numero inferiore, rispetto al campione nazionale di ortofrutta. Importanti differenze si rilevano invece nei campioni di pomodoro provenienti da nord, centro e sud-italia. Il contenuto medio decennale di principi attivi risulta infatti più alto nei campioni di pomodoro provenienti dal sud, specialmente dovuto a residui di fungicidi (**Figura 17**), e in numero maggiore (**Figura 19**), rispetto a quanto osservato nei campioni provenienti da centro e nord-Italia.

Infine, la **Figura 20** riporta i 21 principi attivi ritrovati più frequentemente ($\geq 1\%$) nei campioni di pomodoro di provenienza nazionale. Tra questi, 12 sono insetticidi e i rimanenti 9, fungicidi. I brevi tempi di carenza della maggior parte dei principi attivi (3 giorni per 12 sostanze) rilevati più di frequente nei campioni di pomodoro, indicano la necessità o propensione ad effettuare trattamenti con tempistiche prossime alla fase di raccolta.

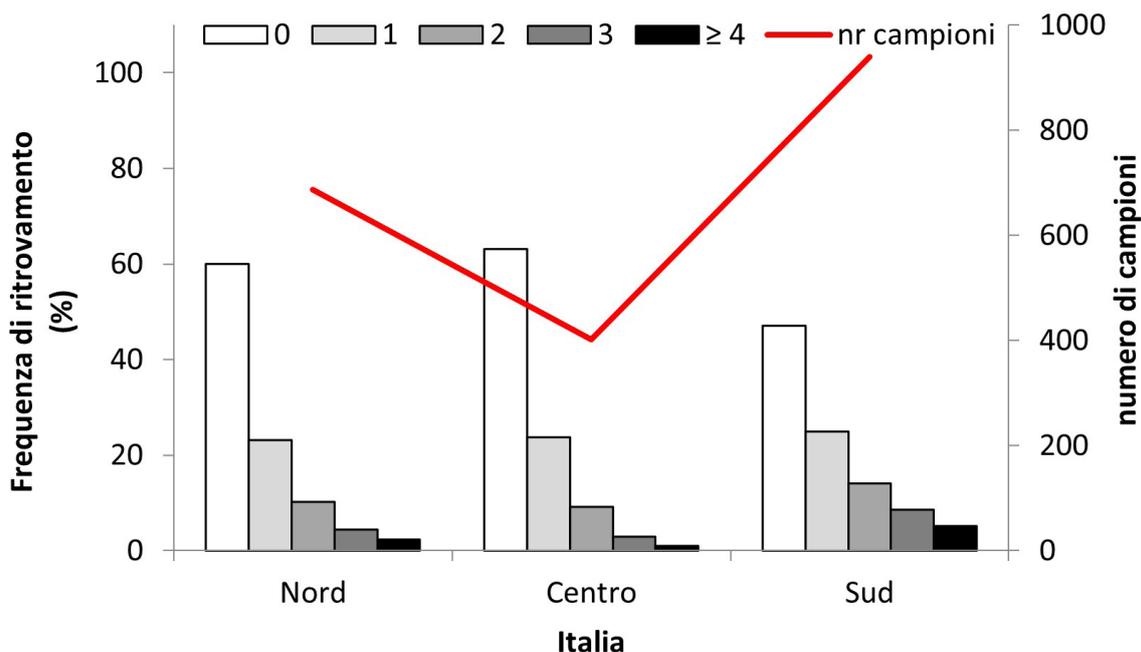


Figura 19 – Andamento della percentuale media decennale di campioni di pomodoro (bacca) in preraccolta che contengono 0, 1, 2, 3 e ≥4 principi attivi di diversa provenienza geografica. Indicato il numero di campioni analizzati per provenienza geografica (periodo 2007-2016).

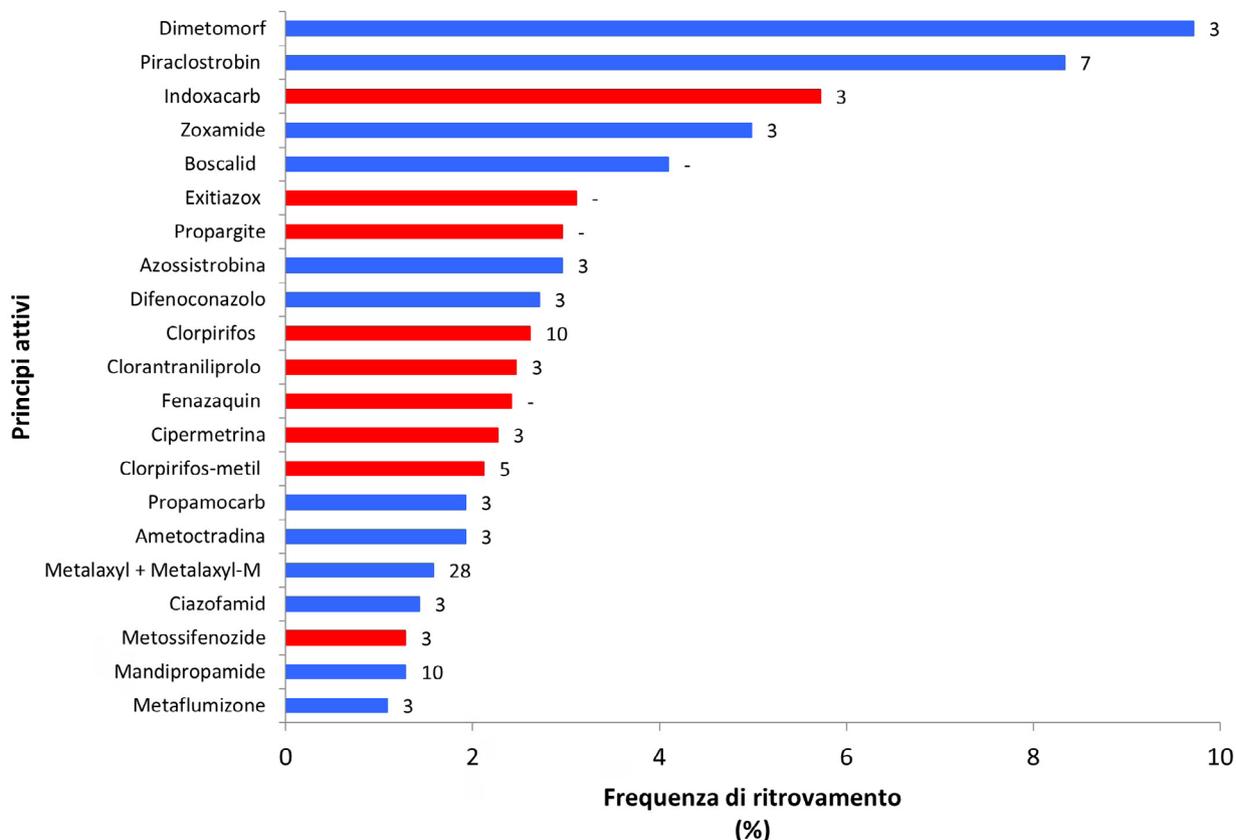


Figura 20 - Percentuale dei principi attivi più frequentemente (≥1%) ritrovati nei campioni di pomodoro (bacca) in fase di preraccolta provenienti dall'intero territorio italiano (periodo 2007-2016). Il tempo di carenza, espresso in giorni, è riportato di fianco a ciascun barplot.

6. CONCLUSIONI

Il settore dell'ortofrutta in Italia è fondamentale per le economie dirette (produzioni alimentari) e indirette (settore della trasformazione, imballaggio, conservazione e distribuzione) sia locali che nazionali che gravitano attorno ad essa. L'inevitabile sfruttamento del suolo e l'utilizzo di pesticidi, strumenti necessari all'attività agricola delle produzioni intensive, è di particolare interesse per le Società scientifiche come il Gruppo di Ricerca Italiano Fitofarmaci e Ambiente - GRIFA - che si occupano del monitoraggio delle condizioni di salute dell'ambiente su cui impattano le attività agricole.

Questo studio riporta un'elaborazione di più di 2,2 milioni di dati residuali di pesticidi ottenuti, per il decennio 2007-2016, dall'analisi di 5638 campioni di ortofrutta in preraccolta, provenienti dall'intero territorio nazionale e costituiti da dieci tipologie di colture di largo consumo quali: bacca di pomodoro, pianta di borlotto, pianta di pisello, pianta di cece, baccello di fagiolino, brattea di mais, pesca, pera, susina e mela. I dati sono stati forniti da un ente privato (Conserve Italia Soc. Coop. Agricola, Laboratorio Centrale di Analisi Chimiche) dotato delle certificazioni per l'analisi dei pesticidi in autocontrollo per scopi di ricerca.

Vista la numerosità dei campioni provenienti dall'Emilia-Romagna (3.189 campioni, più di 1,2 milioni di dati residuali), quando ritenuto pertinente, l'analisi residuale è stata elaborata separatamente dal campione nazionale. Infatti, la numerosità dei campioni regionali ha consentito un'elaborazione statisticamente più significativa di quella del campione nazionale.

Dal confronto tra i campioni di ortofrutta in preraccolta provenienti dall'Emilia-Romagna e quelli provenienti dall'intero territorio nazionale si è osservato per l'Emilia-Romagna un quantitativo medio più elevato di residui di insetticidi e fungicidi per almeno otto anni di osservazione (2009-2016). Questo risultato può dipendere tra l'altro dalla diversa composizione delle specie ortofrutticole presenti nei due insiemi. In particolare, dall'Emilia-Romagna proviene un elevato numero di campioni di frutta. Occorre ricordare che soprattutto su pere e mele, ma anche su pesche e susine, si effettua un numero maggiore di trattamenti e si ricorre a un maggior numero di sostanze attive rispetto alle altre specie considerate.

Per lo stesso periodo, le quantità di insetticidi e fungicidi che mediamente residuano nelle colture sono in buon accordo con le vendite sia a livello locale che nazionale. Al contrario, non sono stati osservati andamenti confrontabili tra i residui di insetticidi e fungicidi nelle colture in preraccolta e le temperature medie e le precipitazioni annue né a livello locale né nazionale per i dieci anni di osservazione.

Il numero di principi attivi rinvenuti nei campioni regionali aumenta dal 2007 al 2016 ed è più elevato rispetto a quanto si osserva nei campioni nazionali. Sul numero più elevato di principi attivi fra il campione proveniente dall'Emilia-Romagna e quello nazionale valgono le considerazioni già fatte sopra per il quantitativo medio dei residui. L'incremento nel tempo invece può essere legato alla tendenza di adottare strategie antiresistenza. Ciò significa che per la stessa avversità, a parità di numero di trattamenti, si deve utilizzare un maggior numero di sostanze attive. Questa tendenza è enfatizzata anche dalla progressiva revoca di sostanze attive ad ampio spettro che devono essere sostituite, sempre a parità di numero di trattamenti, da più sostanze ad azione specifica che, sempre per prevenire le resistenze, devono essere alternate nelle strategie di difesa.

I principi attivi osservati con maggior frequenza nei campioni di ortofrutta provenienti dal territorio nazionale sono caratterizzati da tempi di carenza anche brevi, mettendo in evidenza la tendenza ad effettuare trattamenti a ridosso della vendita. Dieci tra i principi attivi rilevati con maggiore frequenza nelle colture in preraccolta compaiono nella lista delle molecole ritrovate con maggior frequenza nelle acque superficiali e di falda nazionali (report ISPRA). Tra queste sostanze, è stata osservata una tendenza coerente tra la frequenza di ritrovamento nelle acque e nei campioni di ortofrutta per le sostanze caratterizzate da elevata capacità di percolazione (indice GUS > 2,8).

Dal confronto del numero di residui di pesticidi nelle colture in preraccolta di origine nazionale con il numero di residui negli alimenti negli anni 2007-2016 emerge che il maggiore numero di pesticidi nelle colture in campo rispetto a quanto si osserva negli alimenti è coerente con lo scarto temporale tra i due monitoraggi.

La tipologia dei campioni ha infine consentito di condurre uno studio dettagliato sui residui di pesticidi nel pomodoro, una coltura che ancora oggi rappresenta l'Italia all'estero. L'analisi, grazie alla provenienza dei campioni di pomodoro rappresentativa dell'intero territorio nazionale, ha consentito di fare un confronto dei dati residuali tra nord, centro e sud nel decennio 2007-2016. Il pomodoro prodotto in meridione presenta, nei 10 anni di osservazione, un maggiore quantitativo medio di principi attivi (prevalentemente fungicidi), e in maggior numero, rispetto a quello prodotto nel nord e centro-Italia. Tra i residui più frequentemente rilevati il dimetomorf e piraclostrobin con tempi di carenza brevi (rispettivamente di 3 e 7 giorni). Nonostante, le sensibili discrepanze di residualità nel pomodoro prodotto nelle regioni meridionali rispetto al resto d'Italia, il pomodoro risulta, comunque, a minor residualità se confrontato con il campione di ortofrutta nazionale.

Diverse importanti aziende agricole italiane stanno già da tempo investendo nelle produzioni a residuo zero, contrastando le patologie vegetali tramite la messa a punto di protocolli di difesa che utilizzino un minor quantitativo di pesticidi e sostanze a più bassa residualità o più bassi tempi di carenza.

Il maggiore ritrovamento di pesticidi sia per quantità che per numero di principi attivi nell'ortofrutta proveniente dall'Emilia-Romagna rispetto ai campioni provenienti dal territorio nazionale, sembra dunque esporre il settore produttivo regionale a perdere competitività in un mercato in forte espansione quale è quello delle produzioni di ortofrutta a "residuo zero". Occorre però considerare che mentre produrre pomodoro a residuo zero è realizzabile senza che questo impatti negativamente sulle strategie di difesa, la stessa cosa non è possibile con le produzioni frutticole. Infatti, il ciclo vegetativo più lungo e il maggior numero di avversità non consentono di adottare strategie di difesa tali da avere residuo zero. Non a caso le uniche esperienze economicamente sostenibili sono quelle legate alla produzione di alimenti per l'infanzia dove l'industria del settore paga la perdita di produzione che si deve scontare per ottenere il residuo zero. Anche le esperienze legate alla richiesta di alcune catene della GDO straniera di limitare il numero di residui (ad esempio un massimo di 4 residui sulle pere), sono risultate negative poiché, da un punto di vista fitoiatrico, contrastano con la necessità di adottare le strategie antiresistenza sopra citate. In pratica, il numero esiguo di prodotti che gli agricoltori devono usare per tutto il ciclo vegetativo porta rapidamente allo sviluppo di resistenze e, in diversi casi, a dover eseguire un numero di interventi che eccede quello massimo di etichetta con evidenti ricadute negative sull'esposizione degli operatori e sull'ambiente.

Alla luce dei risultati ottenuti è dunque possibile concludere che i dati analitici prodotti sulle colture in preraccolta possono essere un ulteriore strumento per monitorare la qualità dei prodotti alimentari, ma soprattutto fornire dati certificati per la valutazione del rischio all'esposizione ambientale, particolarmente importante per gli operatori agrari, nonché dare informazioni dell'utilizzo in campo dei pesticidi su singola coltura.

Si evidenzia infine l'importanza dell'autocontrollo per la gestione e la programmazione della commercializzazione delle derrate. Se vi fosse una maggiore disponibilità di questi dati da parte delle organizzazioni dei produttori si potrebbero fare delle analisi molto interessanti sotto diversi profili che potrebbero essere utili sia ai produttori che agli Enti ufficiali.

POSTFAZIONE

di Sabino Aurelio Bufo - past President del GRIFA

Gli autori di questa monografia mi hanno chiesto di scrivere una <postfazione> al testo. Se avessi potuto, però, avrei voluto optare per una prefazione. La differenza fondamentale è che per scrivere una postfazione occorre leggere tutta la monografia, indice compreso, e farsi un'idea anche degli sforzi compiuti dagli autori per addivenire ad un testo che racconta in modo il più fedele possibile la storia dei dati presentati e la loro intrinseca ed obiettiva interpretazione.

Devo dire che ho impiegato circa un'ora per la lettura del testo e alcuni minuti per la scrittura di questa mia pagina, ma aggiungo anche che il lavoro svolto dagli autori è veramente notevole. Sono riusciti infatti a trasformare aridi e disordinati numeri in qualcosa che incuriosisce ed attrae il lettore, mettendoci la propria personalità e conoscenza delle situazioni raccontate. Detto così, sembra che stia parlando di un romanzo ed invece si tratta di un'ampia e dettagliata nota tecnica, ma con tanta scenografia.

Sono raccolti, elaborati e interpretati i dati ottenuti in 10 anni da un unico attore il "Laboratorio Controllo Qualità degli Alimenti di Conserve Italia". Gli autori hanno provveduto in modo egregio a dar vita ad un lavoro degno di pubblicazione. Il Gruppo Italiano di Ricerca su Fitofarmaci ed Ambiente (GRIFA) ha avuto il merito di credere fortemente nell'iniziativa che ricade pienamente nell'ambito della sua propria missione.

Un plauso particolare va a Sonia Blasioli, Enrico Buscaroli e Ilaria Braschi, del Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari, Alma Mater Studiorum - Università di Bologna, per la caparbia con cui hanno affrontato le difficoltà intrinseche del lavoro necessario a rendere vivo l'obiettivo principale della pubblicazione, cioè di palesare "le motivazioni che vedono i prodotti di sintesi strategici nelle gestioni produttive integrate, delle normative che disciplinano l'uso dei pesticidi e della rete di monitoraggio ambientale e alimentare che ne consegue".

Va considerata e sottolineata la cooperazione di Katia Di Prodi "Responsabile del Laboratorio Centrale Analisi di Conserve Italia" per essere riuscita ad entrare perfettamente nello spirito del lavoro svolto in armonia con gli altri autori.

Il lavoro tocca tutti gli aspetti salienti della tematica affrontata: (i) la normativa che disciplina l'uso dei pesticidi in Italia e in Europa; (ii) la rete di monitoraggio nazionale ed europea; (iii) i soggetti coinvolti nello studio; (iv) i campioni di ortofrutta: numerosità, distribuzione per tipo di coltura e area geografica; e tanto altro.

Un aspetto monografico particolare è rappresentato dal caso del Pomodoro che è l'ortaggio di eccellenza italiano sia dal punto di vista qualitativo che da quello economico-quantitativo.

Chiudo questa post-fazione ancora con un plauso a tutti gli autori.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- [1] <https://www.coldiretti.it/economia/consumi-record-9-mld-la-frutta-svolta-salutista>
- [2] <https://www.myfruit.it/trend-mercati/2019/03/export-ortofrutta-dati-definitivi-2018.html>
- [3] <http://agricoltura.regione.emilia-romagna.it/agricoltura-in-cifre/rapporto-agro-alimentare>
- [4] Elaborazione di dati ISTAT su Agricoltura, <http://dati.istat.it>
- [5] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:32009R1107>
- [6] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:32009L0128>
- [7] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:3A32005R0396>
- [8] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:3A31998L0083>
- [9] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:32015L1787>
- [10] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:32008L0105>
- [11] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:32006L0118>
- [12] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/it/TXT/?uri=CELEX%3A32019R0533>
- [13] www.grifa.org
- [14] Report di sostenibilità 2018, Conserve Italia. <https://consumerlab.it/wp-content/uploads/bilanci-aziende-2019/ConserveItalia.pdf>
- [15] Collina, M. (2018) *Aggiornamento sulla resistenza ai fungicidi in Italia*. Giornate fitopatologiche, 6-9 marzo 2018.
http://www.giornatefitopatologiche.it/UserFiles/File/Giornatefitopatologiche_2018/GF_2018_Presentazioni_no_video/Presentazioni_8_marzo/Collina_GF_08_03_2018.pdf
- [16] Nanni, I., Pironi, A., Contaldo, N. and Collina, M. (2016), Screening of sensitivity to mandipropamid of *Plasmopara viticola* populations from Italian vineyards by molecular and biological methods. *Lett Appl Microbiol*, 63: 268-273. <https://doi.org/10.1111/lam.12613>
- [17] De Franceschi, P., Ciriani, A., Collina, M., Brunelli, A., Dondini, L. (2015), QTLs for Brown spot resistance in European pear. *Acta Horticulturae*, 1100: 167:172. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1100.26>
- [18] https://agricoltura.regione.emilia-romagna.it/fitosanitario/temi/difesa-sostenibile-delle-produzioni/uso-sostenibile/prodotti-fitosanitari/copy_of_prodotti-fitosanitari/Manuale-basso-impatto/documenti/15-5-1-resistenza-fungicidi-14_03_24.pdf
- [19] Elaborazione di dati ISTAT su Agricoltura, <http://dati.istat.it>
- [20] <https://www.ilfattoquotidiano.it/2019/02/18/pesticidi-legambiente-due-alimenti-su-tre-presentano-tracce-ma-sono-regolari-le-norme-ignorano-casi-di-multiresiduo/4980467/>

- [21] ISTAT, dataset "Fitosanitari". http://dati.istat.it/Index.aspx?DataSetCode=DCSP_FITOSANITARI
- [22] <https://annuario.isprambiente.it/ada/downreport/html/6940>
- [23] <https://www.ilpuncotcoldiretti.it/attualita/i-cambiamenti-climatici-influenzano-anche-luso-dei-fitofarmaci/>
- [24] <https://terraevita.edagricole.it/agrofarmaci-difesa/resistenza-a-fungicidi-e-insetticidi-evoluzione-sul-campo/>
- [25] http://www.fitosanitari.salute.gov.it/fitosanitariwsWeb_new/FitosanitariServlet
- [26] Rapporto nazionale pesticidi nelle acque dati 2007-2008 Rapporto Finale
- [27] Rapporto nazionale pesticidi nelle acque dati 2009-2010 Edizione 2013
- [28] Rapporto nazionale pesticidi nelle acque dati 2011-2012 Edizione 2014
- [29] Rapporto nazionale pesticidi nelle acque dati 2013-2014 Edizione 2016
- [30] Rapporto nazionale pesticidi nelle acque dati 2015-2016 Edizione 2018
- [31] Gustafson, D.I. 1989. Groundwater ubiquity score: A simple method for assessing pesticide leachability. Environmental Toxicology and Chemistry 8:339-357. <https://doi.org/10.1002/etc.5620080411>
- [32] Controllo ufficiale sui residui di prodotti fitosanitari negli alimenti di origine vegetale - Anno 2007, http://www.salute.gov.it/portale/documentazione/p6_2_2_1.jsp?lingua=italiano&id=950
- [33] Controllo ufficiale sui residui di prodotti fitosanitari negli alimenti di origine vegetale - Anno 2008, http://www.salute.gov.it/portale/documentazione/p6_2_2_1.jsp?lingua=italiano&id=1293
- [34] Controllo ufficiale sui residui di prodotti fitosanitari negli alimenti di origine vegetale - Anno 2009 http://www.salute.gov.it/portale/documentazione/p6_2_2_1.jsp?lingua=italiano&id=1305
- [35] Controllo ufficiale sui residui di prodotti fitosanitari negli alimenti di origine vegetale - Anno 2010 http://www.salute.gov.it/portale/documentazione/p6_2_2_1.jsp?lingua=italiano&id=1771
- [36] Controllo ufficiale sui residui di prodotti fitosanitari negli alimenti di origine vegetale - Anno 2011 http://www.salute.gov.it/portale/documentazione/p6_2_2_1.jsp?lingua=italiano&id=1989
- [37] Controllo ufficiale sui residui di prodotti fitosanitari negli alimenti di origine vegetale - Anno 2012 http://www.salute.gov.it/portale/documentazione/p6_2_2_1.jsp?lingua=italiano&id=2239
- [38] Controllo ufficiale sui residui di prodotti fitosanitari negli alimenti di origine vegetale - Anno 2013 http://www.salute.gov.it/portale/documentazione/p6_2_2_1.jsp?lingua=italiano&id=2412
- [39] Controllo ufficiale sui residui di prodotti fitosanitari negli alimenti di origine vegetale - Anno 2014 http://www.salute.gov.it/portale/documentazione/p6_2_2_1.jsp?lingua=italiano&id=2506
- [40] Controllo ufficiale sui residui di prodotti fitosanitari negli alimenti di origine vegetale - Anno 2015 http://www.salute.gov.it/portale/documentazione/p6_2_2_1.jsp?lingua=italiano&id=2609
- [41] Controllo ufficiale sui residui di prodotti fitosanitari negli alimenti di origine vegetale - Anno 2016 http://www.salute.gov.it/portale/documentazione/p6_2_2_1.jsp?lingua=italiano&id=2718